MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

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

DIRECION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

2025

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL. PUNTA LA PAZ



CAPÍTULO 1

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

1. CONTENIDO

1. Contenido 1

1.1. INTRODUCCIÓN 2

1.2. NOMBRE DEL PROYECTO 3

1.3. UBICACIÓN DEL PROYECTO 3

1.4. DURACIÓN DEL PROYECTO 3

1.5. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE 4

1.5.1. Nombre o razón social 4

1.5.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente 4

1.5.3. Nombre del representante legal 4

1.5.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones 4

1.5.5. Nombre del responsable técnico del estudio 5

CAPÍTULO 1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

1.1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo al artículo 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA):

> Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente (página 26, LGEEPA)[1].

El artículo 13 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación de impacto ambiental (REIA) establece que:

"La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información:

I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;

II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo;

III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamiento jurídicos aplicables;

IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de las tendencias del desarrollo y deterioro de la región;

V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;

VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;

VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas; e

VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental".

En cumplimiento de las disposiciones anteriormente citadas en este capítulo se presentan los datos generales del proyecto, del Promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental del proyecto Punta La Paz.

[1] Diario Oficial de la Federación. 28 de enero de 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Última reforma publicada DOF 05 de junio de 2018.

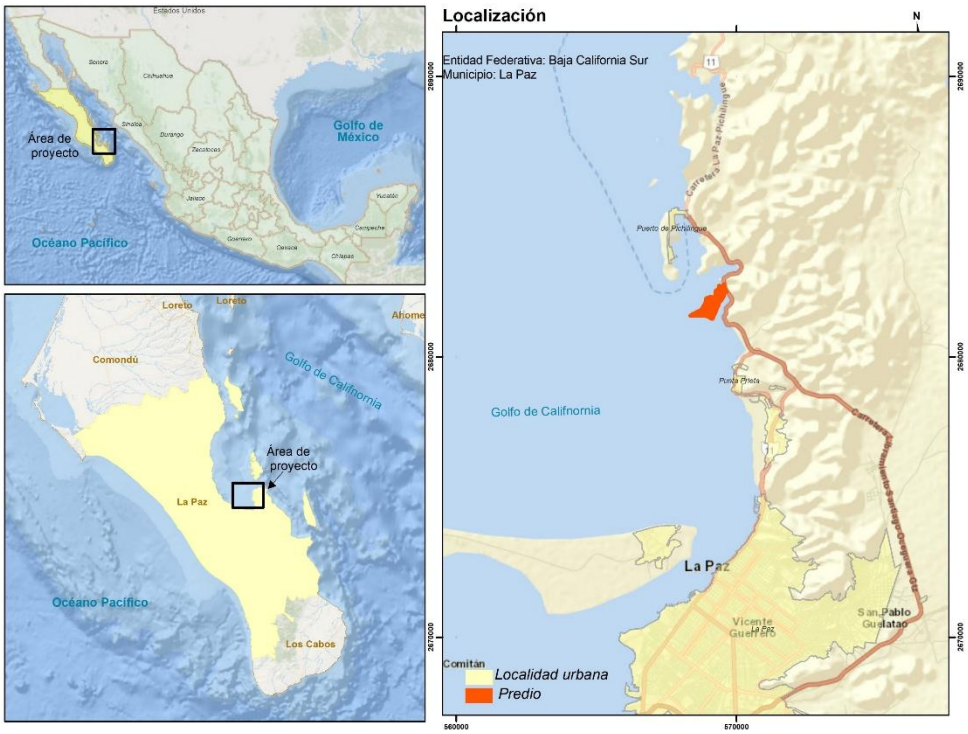
1.2. NOMBRE DEL PROYECTO

Lotificación en 19 lotes principales, construcción y desarrollo de infraestructura para el establecimiento y operación del proyecto denominado “Punta la Paz”, en adelante denominado “el proyecto”.

1.3. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El predio se localiza en la Península denominada Punta Colorada, colindante a la carretera federal número 11, La Paz - El Tecolote, Municipio de La Paz, Baja California Sur; con una superficie aproximada de 52.36 ha (523,564.56 m_2).

Figura 1.1 Localización del predio del proyecto



1.4. DURACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto pretende realizarse en un plazo de 15 años para preparación del sitio y construcción; La etapa de operación y mantenimiento se solicita por 99 años.

1.5. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

1.5.1. Nombre o razón social

El proyecto Punta La Paz es promovido por [redacted]; a través del [redacted] apoderado legal de [redacted], única y exclusivamente como Fiduciario del Contrato de Fideicomiso Irrevocable de Administración [redacted] (se presenta contrato de fideicomiso como copia simple en el [redacted]), personalidad que se acredita mediante Escritura Pública [redacted], misma que se exhibe de manera adjunta al presente escrito en copia simple como [redacted]

1.5.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente

[redacted]

1.5.3. Nombre del representante legal

[redacted]

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

[redacted]

1.5.5. Nombre del responsable técnico del estudio

1.5.5.1. Nombre o razón social

[redacted]

1.5.5.2. Registro Federal de Contribuyentes

[redacted]

1.5.5.3. Nombre del responsable técnico del estudio

[redacted]

1.5.5.4. CURP del responsable técnico del estudio

[redacted]

1.5.5.5. Cédula profesional del responsable técnico de la elaboración del estudio

[redacted]

1.5.5.6. Dirección del responsable técnico del estudio

[redacted]

1.5.5.7. Relación de especialistas colaboradores

Los especialistas colaboradores en el estudio de impacto ambiental se enlistas en la siguiente tabla:

Tabla 1.1 Relación de especialistas que participaron en la elaboración de la MIA-R

Nombre	Empresa	Especialidad
[redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	[redacted]

2025

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL. PUNTA LA PAZ



CAPÍTULO 2

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

2.1. INTRODUCCIÓN 5
2.2. BASES DEL PROYECTO 6
2.2.1. Marco de referencia para el diseño y desarrollo sostenible del Proyecto 6
2.2.1.1. Marco de referencia legal para el diseño del proyecto 7
2.2.1.2. Marco de referencia instrumental y buenas prácticas internacionales 7
2.2.1.2.1. Organización Mundial del Turismo (OMT) 8
2.2.1.2.2. Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible 8
2.2.1.3. Consejo Global de Turismo Sustentable 9
2.2.1.4. Agenda 2030 y ODS 9
2.3. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA 12
2.3.1. Representación Gráfica Regional 12
2.3.1.1. Sistema Ambiental Regional (SAR) 12
2.3.2. Representación Gráfica Local 16
2.3.2.1. Zonificación Ambiental del Predio 16
2.3.3. Naturaleza del proyecto, plan o programa 20
2.3.4. Justificación y objetivos del proyecto 21
2.3.5. Ubicación física y dimensiones del proyecto 26
2.3.6. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos 29
2.3.7. Inversión requerida 31
2.4. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA 32
2.4.1. Actividades 32
2.4.2. Obras 33
2.4.3. Actividades (Sujetas a EIA posterior). 35
2.4.4. Fases y características del Proyecto 36
2.4.4.1. Fases del Proyecto 36
2.4.5. Descripción de los usos asignados 37

2.4.6. Descripción de obras y actividades temporales 48
2.4.6.1. Caseta de Control de Acceso y Vigilancia 50
2.4.6.2. Vialidad primaria 50
2.4.6.3. Servicios generales 50
2.4.6.3.1. Instalaciones eléctricas 50
2.4.6.3.2. Instalaciones de telecomunicaciones 52
2.4.6.3.3. Instalaciones hidráulicas 53
2.4.6.3.4. Instalaciones hidrosanitarias 55
2.4.6.4. Lotes particulares 56
2.4.6.5. Obras y actividades provisionales 62
2.5. PROGRAMA DE TRABAJO 64
2.5.1. Fases de desarrollo del Proyecto 67
2.5.2. Preparación del sitio 67
2.5.3. Construcción 69
2.5.3.1. Zona y caseta de acceso 69
2.5.3.2. Vialidades 71
2.5.3.2.1. Drenaje pluvial en vialidad 73
2.5.3.2.2. Residuos durante el desarrollo de la vialidad primaria 78
2.5.3.2.3. Instalaciones Eléctricas: 79
2.5.3.3. Instalaciones Hidrosanitaria: 79
2.5.3.4. Instalaciones hidráulicas 80
2.5.3.4.1. Manejo Integral del Agua 80
2.5.3.4.2. Ciclo Hidrológico Urbano del Proyecto 88
2.5.3.4.3. Toma y descarga de agua 89
2.5.3.4.4. Planta Desaladora de Ósmosis Inversa 122
2.5.3.4.5. Planta de tratamiento de aguas residuales 136

2.5.4. Operación y Mantenimiento 150
2.5.5. Desmantelamiento y abandono de las instalaciones 150
2.6. INSUMOS 150
2.6.1.1. Personal requerido 150
2.6.1.2. Maquinaria y equipo 151
2.6.1.3. Combustible 152
2.6.1.4. Energía 153
2.6.1.5. Agua 153
2.6.1.6. Sustancias peligrosas y explosivos 154
2.7. GENERACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 155
2.8. GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS 158

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO

2.1. INTRODUCCIÓN

El propósito de este capítulo es presentar a la autoridad las características de las obras y actividades propuestas para la construcción, operación y mantenimiento de **"Punta La Paz"**, un proyecto de desarrollo turístico, hotelero y residencial. Esta Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional (MIA-R) expone los alcances y principios que guiarán su implementación.

El Proyecto se orienta hacia un desarrollo sustentable que, en el marco de la legislación y normatividad ambiental vigente, identifica los ecosistemas, procesos ecológicos y especies de fauna y vegetación asociadas como su "lujo natural". Este concepto sirve de base para la creación de un destino inteligente y sustentable, con un diseño inmobiliario y turístico operado bajo un gobierno corporativo con enfoque comunitario. Además, se alinea con la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), diferenciándose en el sector turístico por su alto compromiso social y ambiental.El desarrollo de Punta La Paz contempla la integración estratégica de **hoteles, residencias unifamiliares y actividades comerciales y recreativas** dentro de un **Plan Maestro (PM)**. Sin embargo, es importante destacar que la **evaluación de impacto ambiental** realizada en esta fase se limita al desarrollo de los lotes destinados a **Equipamiento e infraestructura, vialidades y viviendas unifamiliares**.

Para el **desarrollo futuro de los lotes destinados a uso hotelero, comercial y de amenidad**, se contemplará la presentación de los estudios de impacto ambiental correspondientes, garantizando el cumplimiento de los criterios ambientales y normativos vigentes.

Desde su concepción y diseño hasta su construcción, operación y mantenimiento, el desarrollo de Punta La Paz seguirá un enfoque integral orientado a la conservación, mejora y vigilancia de los recursos naturales asociados. Para garantizar su aprovechamiento sostenible, se fomentará la aplicación de conocimientos científicos y la participación activa de especialistas y expertos de diversas disciplinas (ver Tabla 1.1 – Capítulo 1).

Como parte de este compromiso, se implementará un Sistema de Manejo y Gestión Sostenible, el cual incorporará medidas específicas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales. Además, se adoptarán criterios de adaptación al cambio climático, asegurando que el proyecto se alinee con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

"Punta La Paz" aspira a convertirse en un referente de turismo sostenible, contribuyendo al posicionamiento de La Paz como un destino turístico innovador y responsable. A través de su diseño, gestión ambiental y visión de largo plazo, el Proyecto busca ser un modelo a seguir en el desarrollo turístico sustentable.

2.2. BASES DEL PROYECTO

2.2.1. Marco de referencia para el diseño y desarrollo sostenible del Proyecto

Es necesario y previo a la descripción de las características de las obras y actividades referidas, presentar de manera sintética las razones ambientales y jurídicas identificadas que sustentan la viabilidad ambiental y legal de esta iniciativa, las cuales se vinculan de manera específica en el capítulo 3 y 4 de la presente MIA-R, así como la matriz ambiental resultante de un proceso de análisis integral desarrollado por un grupo multidisciplinario de especialistas, al que de manera voluntaria al Promovente, sujetó el diseño y la propuesta constructiva – operativa del Proyecto. Dicho proceso cuyos detalles se presentan en los capítulos 3, 4, 5 y 6 de esta MIA-R, incluyó los siguientes elementos:

1. Integración de la información científica disponible.
2. Generación de nueva información científica.
3. Delimitación precisa en SIG del SAR Terrestre y Marino del Proyecto.
4. Caracterización ecológica, identificación de zonas de restricción legal y zonificación ambiental del SAR y el predio, sobre bases científicas de expertos.
5. Identificación y evaluación espacial precisa de los impactos ambientales previsibles.
6. Integración de los criterios y las medidas necesarias de control, mitigación y monitoreo, en forma de un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad (SGAS) el cual incluye programas, acciones e indicadores congruentes con los Objetivos del Desarrollo Sostenible.
7. Promover en el marco del SGAS del Proyecto el establecimiento de un sistema de monitoreo ambiental, en la zona terrestre y en la zona marina, a nivel regional sectorial.

Los elementos presentados y el enfoque metodológico aplicado en esta Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional (MIA-R) constituyen la base que sustenta el carácter sustentable del Proyecto. Asimismo, representan una aportación metodológica original orientada a fortalecer la integración de criterios ambientales en todas las etapas del desarrollo.

Con base en estos principios y con la participación activa de científicos y especialistas, el Proyecto tiene como objetivo contribuir a la conservación de la biodiversidad mediante acciones preventivas e innovadoras. Entre estas se incluyen la preservación de la cobertura vegetal original, la reforestación con especies nativas y endémicas de la región, así como otras medidas implementadas durante las fases de construcción y operación. Estas acciones se consideran un respaldo directo a la conservación, restauración y fortalecimiento de los componentes y valores naturales del Sistema Ambiental Regional (SAR) del área del Proyecto.

Para garantizar el cumplimiento de estos compromisos, así como de las obligaciones ambientales que resulten aplicables, se propone la implementación de un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad (SGAS). Este sistema está conformado por 10 programas y 27 subprogramas, alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Los componentes, objetivos, acciones, estrategias, metodologías, indicadores y el calendario de ejecución correspondiente se detallan en el capítulo 6 de esta MIA-R.

Cabe destacar que el predio propuesto para el desarrollo del Proyecto se localiza en una región que alberga ecosistemas terrestres, costeros y marinos de alto valor ecológico. En

este contexto, es relevante subrayar el firme compromiso de la Promovente con la sostenibilidad de sus inversiones y operaciones, tanto en México como en otros países donde tiene presencia. En congruencia con dicho compromiso y con su Política de Sostenibilidad, se han establecido premisas fundamentales que orientan el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento del Proyecto.

En esta sección se presentan de manera sintética los elementos principales que conforman este Marco de Referencia para la sostenibilidad.

2.2.1.1. Marco de referencia legal para el diseño del proyecto

A nivel nacional, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) define el desarrollo sustentable como:

> *"El proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las generaciones futuras." (Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 2018).*

Por su parte, la Ley General de Turismo y la Secretaría de Turismo de México establecen que el turismo sustentable debe cumplir con las siguientes directrices (Última reforma publicada DOF 13-04-2018).

- Dar un uso óptimo a los recursos naturales aptos para el desarrollo turístico, ayudando a conservarlos con apego a las leyes en la materia.
- Respetar la autenticidad sociocultural de las comunidades anfitrionas, conservando sus atractivos culturales, sus valores tradicionales y arquitectónicos.
- Asegurar el desarrollo de las actividades económicas viables, que reporten beneficios socioeconómicos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo y obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades anfitrionas, que contribuyan a mejorar sus condiciones de vida.

En el Capítulo 3 de esta MIA-R se presenta un análisis detallado de la vinculación del Proyecto con el marco legal vigente, incluyendo los instrumentos de política ambiental aplicables, tales como los programas de ordenamiento ecológico, territorial y urbano, entre otros.

2.2.1.2. Marco de referencia instrumental y buenas prácticas internacionales

A continuación, se presentan las instituciones que describen los conceptos y que desarrollaron las herramientas que plantean los criterios para el diseño sostenible de proyectos turísticos en zonas costeras:

2.2.1.2.1. Organización Mundial del Turismo (OMT)

La Organización Mundial de Turismo (OMT) define al turismo sostenible como:

> ***"Aquel que tiene plenamente en cuenta las repercusiones actuales y futuras, económicas, sociales y medioambientales para satisfacer las necesidades de los visitantes, de la industria, del entorno y de las comunidades anfitrionas"*** *(UNWTO and UNEP, 2005; UNWTO, 2013).*

Conforme a la OMT las directrices principales del turismo sostenible deben ser:

- Dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, manteniendo los procesos ecológicos esenciales que conforman un elemento clave en el desarrollo del turismo y ayudando a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.
- Respetar la autenticidad sociocultural de las comunidades anfitrionas, conservar sus activos culturales y arquitectónicos, así como sus valores tradicionales y contribuir al entendimiento y la tolerancia intercultural.
- Asegurar que las actividades económicas sean viables a largo plazo y que reporten a todos los actores, beneficios socio-económicos bien distribuidos, entre los que se cuenten oportunidades de empleo estable y la obtención de ingresos y servicios sociales para las comunidades anfitrionas, y que contribuyan a la reducción de la pobreza.

2.2.1.2.2. Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible

El Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD) define el desarrollo sostenible como:

> ***"Formas de progreso que satisfacen las necesidades del presente sin comprometer la posibilidad de las generaciones futuras para alcanzar sus necesidades."*** *(WBCSD, 2002).*

Desde esta perspectiva, el WBCSD subraya la urgencia de atender las necesidades actuales de la población, dada la magnitud de la pobreza a nivel global. No obstante, también reconoce la relevancia de los impactos ambientales derivados de nuestras acciones pasadas, presentes y futuras, así como la necesidad de garantizar que las generaciones venideras puedan satisfacer sus propias necesidades en los ámbitos ambiental, social y económico (WBCSD, 2002).

Una de las principales contribuciones conceptuales del WBCSD al desarrollo sostenible es el término **ecoeficiencia**, acuñado en 1992. Esta se define como:

> *"El resultado alcanzado por el reparto de bienes y servicios a precios competitivos que satisfacen las necesidades humanas y aportan calidad de vida, a la vez que reducen progresivamente el impacto ecológico y la intensidad de uso sobre los recursos a lo largo del ciclo vital, a un nivel similar a la capacidad de carga calculada para la Tierra." (WBCSD, 2002).*

Ante este contexto, resulta estratégico preservar la estructura funcional de los ecosistemas y los procesos ambientales que los sostienen, asegurando así la provisión continua de beneficios ambientales, sociales y económicos a largo plazo.

2.2.1.3. Consejo Global de Turismo Sustentable

Desde su creación en 2007, el Consejo Global de Turismo Sustentable (Global Sustainable Tourism Council, GSTC) ha desarrollado diversos instrumentos orientados a fortalecer la sostenibilidad en el sector turístico. En 2016, este organismo lanzó los **Criterios Globales de Turismo Sostenible (CGTS)**, concebidos como una plataforma para establecer un entendimiento común a nivel internacional sobre los principios fundamentales del turismo sostenible.

Estos criterios representan el estándar mínimo que, según el GSTC, toda empresa turística debe aspirar a cumplir con el fin de proteger y conservar los recursos naturales y culturales, al tiempo que se promueve el turismo como una herramienta eficaz para la conservación ambiental y la reducción de la pobreza (GSTC, 2016a).

Los CGTS se estructuran en torno a cuatro ejes temáticos fundamentales:

- Planificación eficaz para la sostenibilidad
- Maximización de beneficios sociales y económicos
- Fortalecimiento del patrimonio cultural
- Minimización de impactos ambientales negativos

2.2.1.4. Agenda 2030 y ODS

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, establece una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental de los 193 Estados Miembros (incluido México) que la suscribieron y es la guía de referencia para orientar el trabajo de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con 169 metas y 230 indicadores globales para ser atendidos. El conocimiento de esta hoja de ruta y los 17 ODS (Tabla 2.1) por cada país es el punto de partida para alcanzar esta nueva visión del desarrollo sostenible (OPR-PNUD, 2016).

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible compromete a los Estados Miembros de las Naciones Unidas a adoptar políticas que promuevan un desarrollo inclusivo y sostenible en todos los sectores. En particular, el **Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 8**, a través de su **Meta 8.9**, insta a:

> *"Diseñar e implementar políticas para promover un turismo sostenible que genere empleos y promueva la cultura y los productos locales." (DESA, 2018).*

Asimismo, la **Meta 12.b del ODS 12** refuerza esta visión al destacar la importancia del turismo sostenible como motor para la creación de empleo, la valorización cultural y el impulso a las economías locales mediante el consumo responsable y la producción sostenible.

Tabla 2.1 Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015).

Objetivo		Descripción
ODS 1. Poner fin a la pobreza		Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
ODS 2. Hambre cero		Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
ODS 3. Salud y bienestar		Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
ODS 4. Educación de calidad		Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
ODS 5. Igualdad de género		Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas.
ODS 6. Agua limpia y saneamiento		Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
ODS 7. Energía asequible y no contaminante		Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico		Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
ODS 9. Industria, innovación e infraestructura.		Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
ODS 10. Reducción De las desigualdades		Reducir la desigualdad en y entre los países.
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles		Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles

ODS 12. Producción y consumo responsable		Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
ODS 13. Acción por el clima		Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
ODS 14. Vida Submarina		Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres		Promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y frenar la pérdida de la diversidad biológica.
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.		Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles
ODS 17. Alianzas para lograr los objetivos		Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

Como se ha señalado previamente, la Agenda 2030 y los ODS constituyen marcos de referencia fundamentales que deben ser incorporados en el diseño y ejecución de proyectos y programas de desarrollo. Su implementación requiere la participación activa de todos los sectores de la sociedad, incluyendo los gobiernos, la sociedad civil y el sector privado.

En este contexto, el sector empresarial tiene un papel estratégico. La Agenda 2030 debe ser utilizada como una herramienta para orientar las decisiones de inversión hacia modelos que promuevan el desarrollo sostenible, generen valor compartido y contribuyan al cumplimiento de los compromisos globales en materia ambiental, social y económica *(INNOVE, 2015)*

En el caso del sector turismo, la capacidad de resolver los desafíos que implican los 17 ODS y sus 169 metas implica un reto para las empresas a lo largo de su cadena de valor, pero al mismo tiempo un área de oportunidad de hacer negocios para nuevas demandas y mercados sostenibles.

2.3. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA

2.3.1. Representación Gráfica Regional

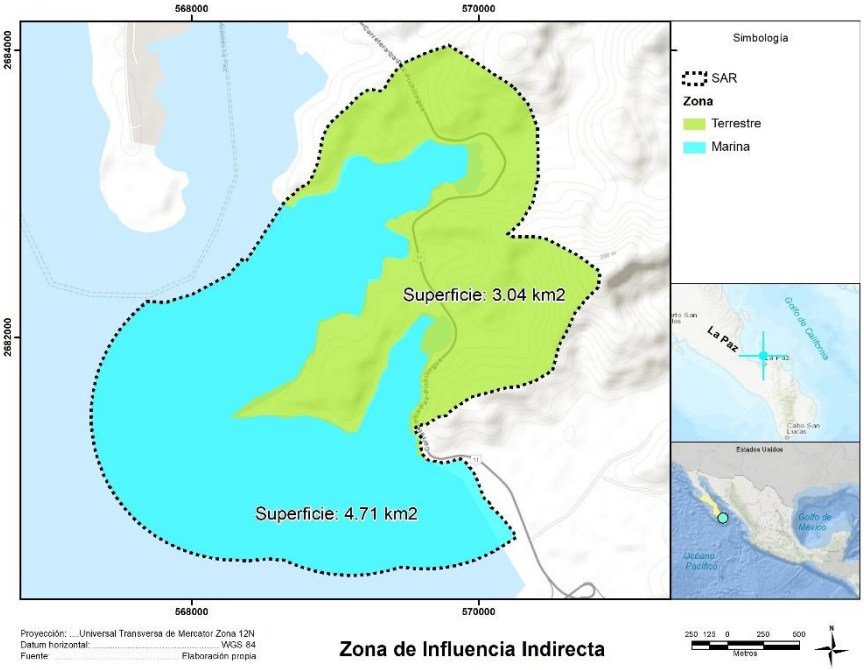
2.3.1.1. Sistema Ambiental Regional (SAR)

La extensión geográfica que comparte características ecológicas comunes en donde los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales del proyecto podrían llegar a ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas se denomina Sistema Ambiental Regional (SAR).

De manera particular para el Proyecto PLP, se utilizaron como criterios: límites naturales, tales como la cuenca hidrográfica, topografía del terreno, delimitaciones bióticas y abióticas como sitios RAMSAR, ANP´s. Su identificación se realizó a partir del procesamiento digital de imágenes de satélite Google Earth y mediante análisis de fotointerpretación y planimetría mediante el empleo de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Con base en lo anterior el SAR se compone de una superficie total de 7.75 km^2, de los cuales 3.04 km^2 son terrestres y 4.71 km^2 son de superficie marina.

Figura 2.1. Sistema Ambiental Regional.



Límites del Sistema Ambiental Regional Terrestre y Marino

El Sistema Ambiental Regional (SAR) se define como el “espacio geográfico descrito, delimitado e integrado estructural y funcionalmente por varias unidades ambientales” (SEMARNAT, 2012). En este sentido, el calificativo regional se manifiesta como parte de la región ecológica, concepto que se encuentra definido en el Artículo 3, fracción XXX de la LGEEPA como: la unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes. El SAR constituye la extensión geográfica donde los impactos acumulativos,

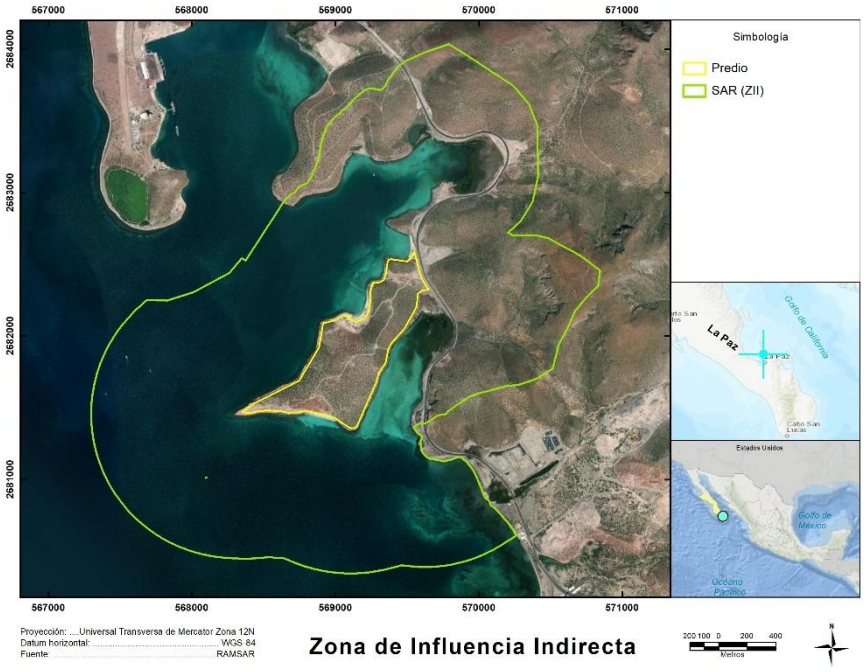
sinérgicos y residuales en conjunto, pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.

De acuerdo con lo anterior, a partir de la siguiente información cartográfica y documental se llevó a cabo la delimitación del SAR para el Proyecto, tomando en cuenta los siguientes criterios técnicos:

- Aspectos ambientales: Fisiografía, hidrogeología, geología, vegetación, ecosistemas sensibles etc.
- Aspectos legales y normativos vigentes: Áreas Naturales Protegidas (ANP) sujetas al régimen previsto en la Ley y los demás ordenamientos aplicables.
- Aspectos de origen antropogénico: Vías de comunicación, construcciones, etc.

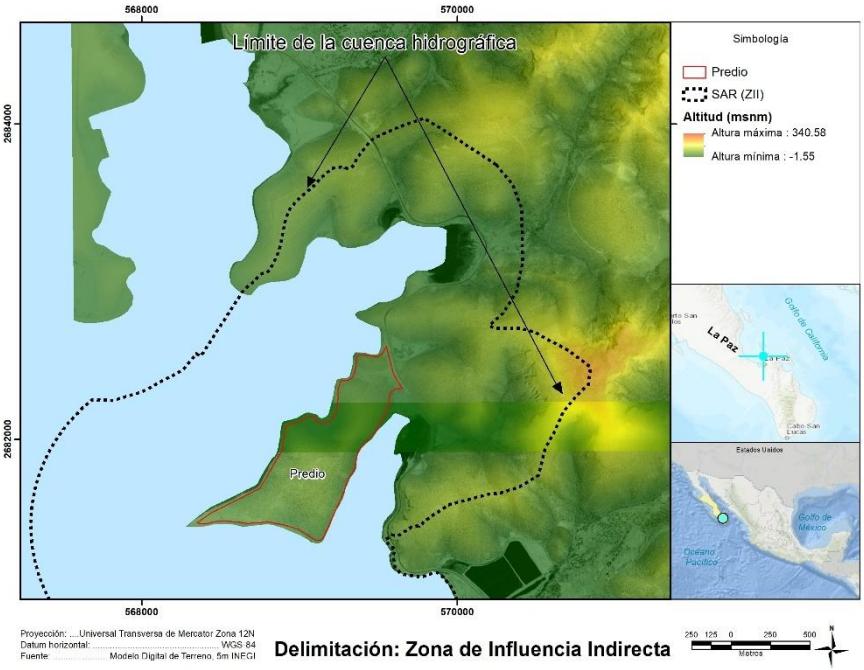
Considerando lo anterior, los límites y principales criterios empleados para definir el SAR se explican a detalle a continuación.

Figura 2.2. Sistema Ambiental Regional terrestre y marino.



Para la delimitación de la porción terrestre se tomó en cuenta el límite de la cuenca hidrográfica (Figura 2.3). La topografía juega un papel crucial en esta delimitación, ya que determina el drenaje natural, la erosión y la conectividad de los ecosistemas presentes.

Figura 2.3. Límite SAR terrestre.



En contraste, la delimitación de la porción marina se ha realizado considerando dos criterios complementarios: el límite de la subzonificación del Área Natural Protegida (Figura 2.4) así como el Sitio RAMSAR (Figura 2.5). Esto indica que el espacio marino incluido en el sistema ambiental posee un alto valor ecológico, con presencia de ecosistemas costeros como manglares y humedales. Esta medida garantiza la conservación de la biodiversidad, la integridad de los ecosistemas costeros y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos, criterios como medida de protección ambiental.

Figura 2.4. Límite SAR marino.

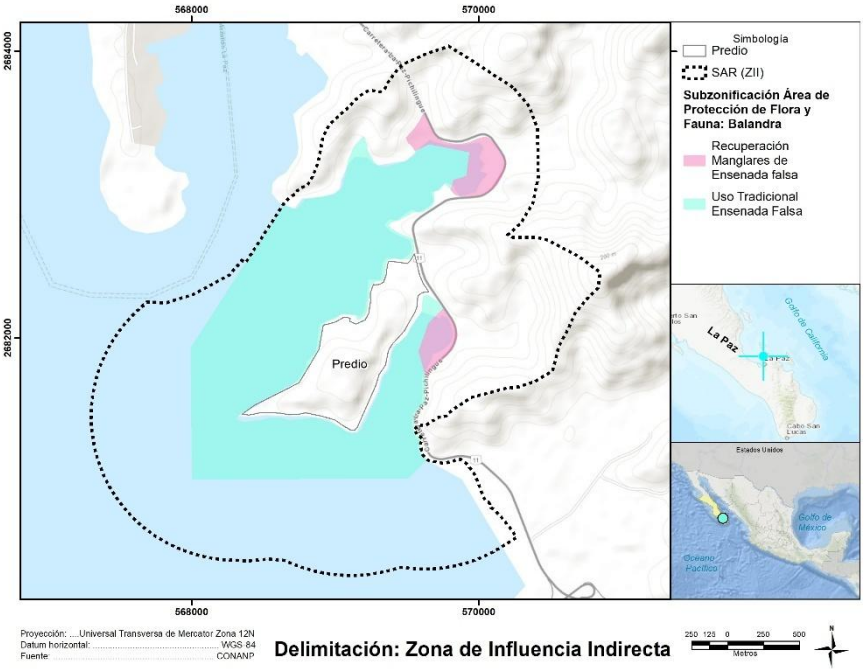
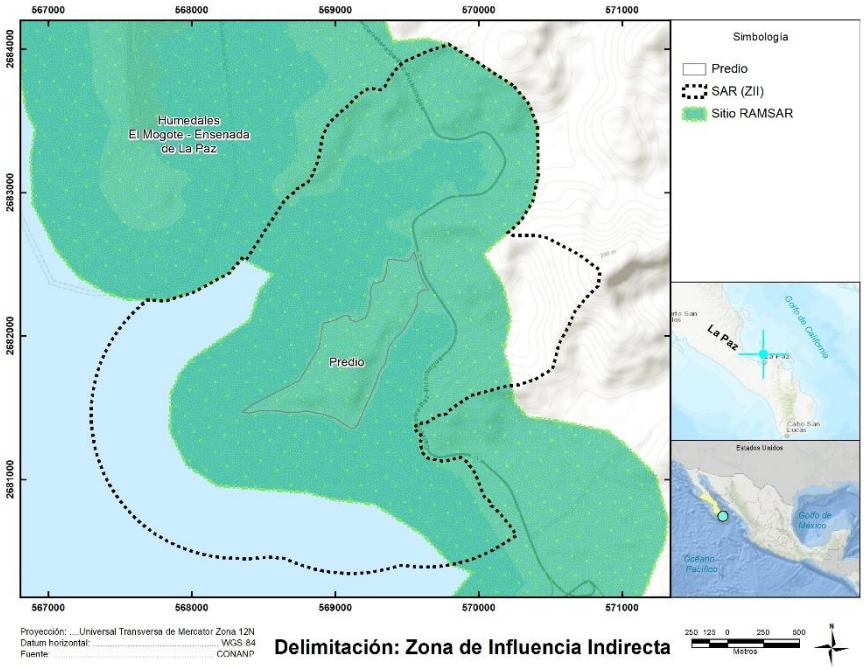


Figura 2.5. Límite SAR terrestre y marino



El SAR para este proyecto, en Baja California Sur, incluye factores hidrológicos, ecológicos y de conservación. La interacción entre la cuenca hidrográfica, las áreas protegidas y los ecosistemas marinos prevé la gestión sostenible del territorio para preservar su biodiversidad y funcionalidad ecológica.

De conformidad con lo anteriormente expuesto y de acuerdo con los criterios ambientales – normativos planteados, mismos que toman en cuenta los antecedentes de homogeneidad geológica, geomorfológica, florística y paisajística reflejados en las unidades naturales identificadas, se reconoce como Sistema Ambiental Regional (SAR).

Las características bióticas y abióticas del SAR y del predio del Proyecto se describen a detalle en el Capítulo 4 de esta MIA-R

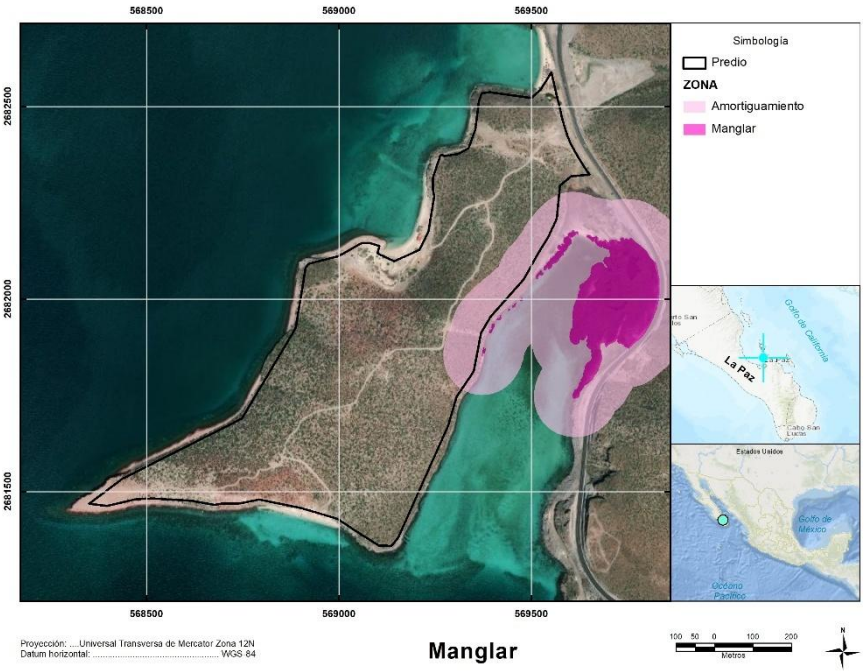
2.3.2. Representación Gráfica Local

2.3.2.1. Zonificación Ambiental del Predio

Con base en los resultados de la caracterización ambiental realizada para el Proyecto y del análisis de los instrumentos normativos aplicables al predio del Proyecto, se definió una zonificación ambiental que orientó su diseño y garantizó el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y recursos naturales involucrados en el predio y SAR del Proyecto. La zonificación ambiental se estableció tomando en consideración las zonas con alguna restricción legal o ambiental en el predio, así como criterios de aprovechamiento aplicables al predio por el PDU de La Paz aplicable, los cuales se enuncian a continuación:

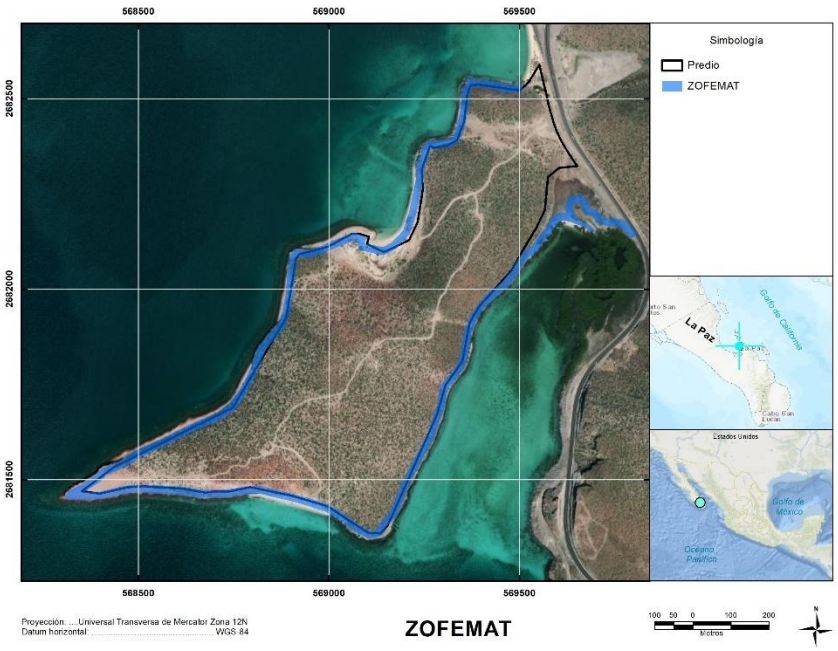
A. **Franja de amortiguamiento (buffer de manglar).** Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, Numeral 4.16. Las actividades productivas como la agropecuaria, acuícola intensiva o semi-intensiva, infraestructura urbana, o alguna otra que sea aledaña o colindante con la vegetación de un humedal costero, deberá dejar una distancia mínima de 100 m respecto al límite de la vegetación, en la cual no se permitirá actividades productivas o de apoyo.

Figura 2.6 Manglar y su respectivo buffer



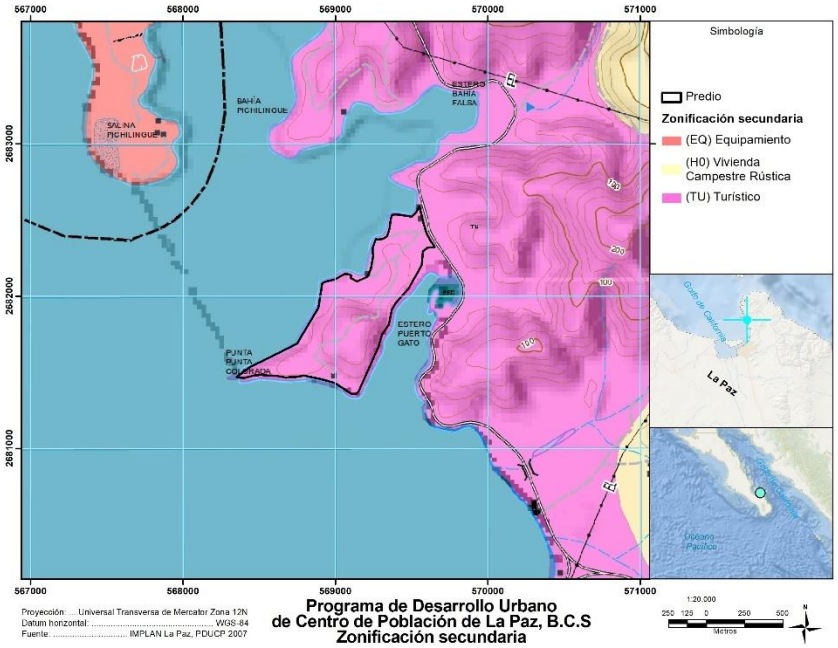
B. **Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT).** Ley General de Bienes Nacionales y el Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar, que determinan como bien de uso común la zona federal marítimo terrestre (ZOFEMAT), la cual estará constituida por la faja de veinte metros de ancho de tierra firme, transitable y contigua a la playa.

Figura 2.7 ZOFEMAT



C. **PDU La Paz: ZOFEMAT (dunas).** Las dunas representan un sistema de protección de la línea de costa, pues disipan y amortiguan los efectos producidos por la fuerza del oleaje, además de que funcionan como reserva de arena en playas erosionadas. Se les considera ecosistemas frágiles, por lo cual los usos y/o actividades permitidas solo podrán realizarse después de la primera y segunda duna.

Figura 2.8 PDU-CP La Paz, Zonificación Secundaria



D. **PDU La Paz.** Criterios y restricciones definidos por el PDU La Paz aplicables al área del proyecto.

E. **Uso asignado.** Comprende las áreas que han sido modificadas, pasando de su estado natural a desprovistas de vegetación o con registro de infraestructura.

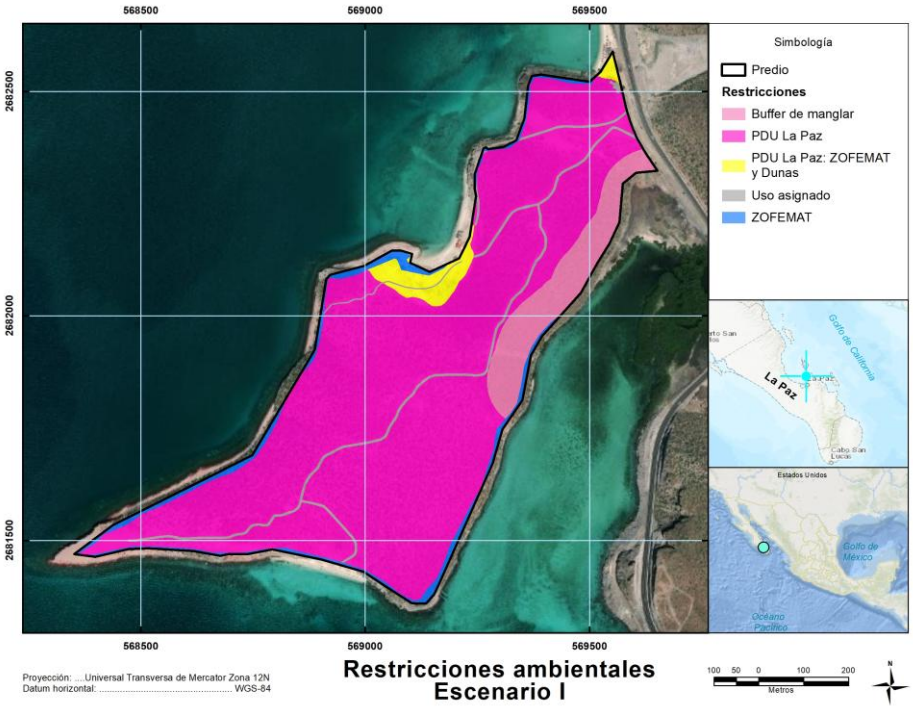
En la siguiente Tabla 2.2 se presentan las superficies que abarca cada una de las restricciones aplicables al proyecto.

Tabla 2.2 Superficies de restricciones ambientales en el predio

Restricciones ambientales Escenario 1		
	Superficie (m2)	Superficie (ha)
Buffer de manglar	44,642.49	4.46
PDU La Paz	424,985.65	42.50
PDU La Paz: ZOFEMAT y Dunas	14,919.54	1.49
Uso asignado	14,922.94	1.49
ZOFEMAT	24,094.49	2.41
Total	**523,565.11**	**52.36**

La sobreposición de las capas enunciadas anteriormente, nos otorgan la siguiente visualización

Figura 2.9 Restricciones ambientales aplicables al proyecto

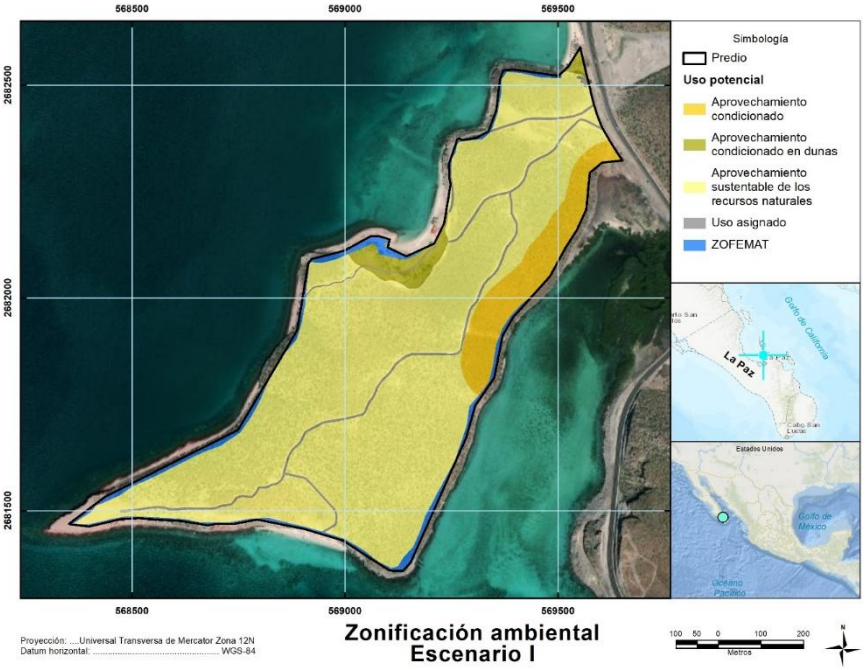


Se determinaron 5 zonas principales con diferente potencial de aprovechamiento y conservación de acuerdo con sus características ambientales. En la se presenta la superficie de cada zona y en la su ubicación.

Tabla 2.3 Superficies de zonificación ambiental en el predio

Zonificación ambiental		
	Superficie (m^2)	Superficie (ha)
Aprovechamiento condicionado	44,642.49	4.46
Aprovechamiento condicionado en dunas	14,919.54	1.49
Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales	424,985.65	42.50
Uso asignado	14,922.94	1.49
ZOFEMAT	24,094.49	2.41
Total	523,565.11	52.36

Figura 2.10 Zonificación Ambiental en el predio del proyecto



2.3.3. Naturaleza del proyecto, plan o programa

El proyecto “Punta La Paz”, en adelante referido como **PLP**, es de naturaleza turística y residencial, que está considerado en el sector Inmobiliario, subsector residencial y alojamiento turístico de tipo residencial turístico.

El concepto se enfoca en un desarrollo de lujo con una mezcla de usos residenciales, servicios y de turismo. El predio del desarrollo se ubica en el Golfo de Cortes, en la península denominada Punta Colorada, en el municipio de La Paz, Baja California Sur, México. El lote colinda con la carretera federal No. 11 Baja California Sur La Paz – El Tecolote. Este cuenta con una superficie total de 52.05 ha (520,532.73 m^2).

El Proyecto PLP consiste en el desarrollo de un conjunto de obras y actividades con destino de uso hotelero y residencial, las cuales se definieron en apego a los lineamientos establecidos en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población La Paz para el uso de suelo Turístico (TU).

Dada su ubicación, el Proyecto PLP está sujeto a los siguientes instrumentos normativos principales:

- Área de Protección de Flora y Fauna Balandra (Zona de Influencia y Zona de Amortiguamiento).
- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (UAB 4).
- Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California (UGC1).
- Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de La Paz (Unidad de Gestión Ambiental U13, Uso Turístico).

El Plan de Desarrollo Urbano fue publicado el 18 de julio de 2018 en el tomo XLV, número 32 del Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Baja California Sur. Este documento establece los objetivos y metas requeridos para la construcción de la visión de ciudad, así como los instrumentos normativos que condicionan otros niveles de planeación.

Dentro de los criterios establecidos aplicables al Proyecto, se incluyen los siguientes **parámetros de desarrollo turístico**:

- **Densidad máxima:** 52 cuartos por hectárea.
- **Superficie mínima de lote:** 5,000 metros cuadrados.
- **Frente mínimo de lote:** 50 metros lineales.
- **Coeficiente de Ocupación del Suelo (C.O.S.):** No mayor a 0.40 de la superficie total del lote.
- **Coeficiente de Utilización del Suelo (C.U.S.):** No mayor a 2.40 de la superficie total del lote.
- **Coeficiente de Áreas Libres (C.A.S.):** No menor a 0.60 de la superficie total del lote.
- **Altura máxima de edificaciones:** No mayor a 6 niveles o 21 metros, medidos desde el nivel máximo del terreno natural.

Dado que el predio destinado al Proyecto Punta La Paz abarca una superficie de 52.05 hectáreas, se ha determinado un límite máximo para cada uno de los parámetros establecidos, asegurando un desarrollo acorde a la normativa aplicable.

Tabla 2.4 Parámetros urbanísticos aplicables al predio del proyecto

PARÁMETROS APLICABLES			
Parámetro	**Superficie (ha)**	**Máximo permisible (Factor)**	**Máximo permisible (Superficie)**
Densidad	52.05 ha	52 cuartos / ha	**2,706.60 cuartos**
COS		0.40	**20.82 ha**
CUS		2.40	**124.92 ha**
CAS		0.60	**31.23 ha**
Altura	-	**6 niveles o 21.00 metros**	

A continuación, se enlistan las obras y actividades del **PLP** que a través de la presente se someten a Evaluación de Impacto Ambiental**.**

2.3.4. Justificación y objetivos del proyecto

El Municipio de La Paz ha experimentado un crecimiento significativo en el desarrollo turístico, lo que ha impulsado la implementación de diversos proyectos en la región. Estos proyectos no solo generan beneficios económicos para los inversionistas, sino que también contribuyen al desarrollo económico del municipio.

En este contexto, el Proyecto propone la creación de un complejo turístico-residencial bajo un enfoque sustentable, alineado con las políticas de desarrollo del área. Su ejecución traerá consigo la generación de empleos, el fortalecimiento del sector económico, la captación de divisas y, en términos generales, la mejora de las condiciones socioeconómicas de la región.

Los objetivos estratégicos del Proyecto incluyen:

- Integrar de manera armónica el desarrollo con los elementos naturales del sitio, garantizando el respeto a los servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas existentes.
- Cumplir con las regulaciones ambientales y forestales aplicables.
- Impulsar un modelo sostenible desde las perspectivas económica, ambiental y social.
- Ampliar la oferta de productos residenciales y turísticos.
- Contribuir significativamente al desarrollo socioeconómico de la región mediante la generación de empleos directos e indirectos durante sus fases de desarrollo y operación.
- Fortalecer alianzas estratégicas con proveedores locales para consolidar la cadena de valor y potenciar la economía regional beneficiando tanto a las comunidades locales como a los sectores productivos vinculados.

Para consolidar el proyecto bajo un enfoque de sustentabilidad, se llevó a cabo un riguroso proceso de planeación estratégica desde sus etapas iniciales. La Figura 2.11 ofrece una síntesis de este proceso, el cual integró de manera estructurada diversos elementos clave.

Este proceso no solo orientó el diseño e implementación del proyecto conforme a principios de sostenibilidad, sino que también constituyó la primera medida formal de mitigación ambiental. En este sentido, el enfoque preventivo aplicado en la planeación es un componente esencial del compromiso ambiental del proyecto, priorizando la armonización con el entorno desde su concepción.

Figura 2.11 Proceso de planificación del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

Estudio de viabilidad ambiental y legal

Como primera etapa del proyecto, se llevó a cabo un estudio de viabilidad ambiental y legal, una herramienta clave para evaluar su factibilidad en términos de cumplimiento normativo, compatibilidad ecológica y viabilidad territorial.

El objetivo de este análisis fue anticipar posibles riesgos, restricciones y oportunidades derivadas de la ubicación, diseño y operación del proyecto, considerando tanto la legislación vigente como los principios de sostenibilidad. Gracias a este proceso, se buscó asegurar que el desarrollo propuesto no solo cumpliera con los requisitos técnicos, sino que también fuera ambiental y jurídicamente viable, contribuyendo a una planificación responsable fundamentada en los principios de prevención y precaución.

Estudio de zonificación ambiental

Como siguiente etapa del proyecto, se llevó a cabo un estudio de zonificación ambiental con el propósito de evaluar la compatibilidad de las actividades proyectadas con las características ecológicas y funcionales del territorio.

Este análisis permitió definir áreas según su sensibilidad ambiental, su vocación natural y su capacidad para soportar ciertas intervenciones, facilitando así la previsión, prevención y mitigación de impactos negativos. La integración de la zonificación en el proceso de elaboración del estudio de impacto ambiental fortaleció la toma de decisiones informadas, promovió un uso racional del territorio y contribuyó a la protección de ecosistemas clave y servicios ambientales estratégicos.

Conformación de un grupo multidisciplinario

Un aspecto clave en la planificación del proyecto fue la conformación de un grupo multidisciplinario integrado por especialistas de diversas áreas del conocimiento. Este equipo participó activamente en todas las etapas del proceso, desde la conceptualización hasta la definición del diseño final, asegurando un enfoque integral y bien fundamentado.

Gracias a esta colaboración interdisciplinaria, se logró una identificación más precisa de los impactos potenciales, una evaluación exhaustiva de sus implicaciones y el diseño de medidas de manejo ambiental eficaces y viables desde el punto de vista técnico. Además, la diversidad de perspectivas enriqueció el análisis, fortaleciendo la solidez técnica del estudio y su legitimidad ante las autoridades competentes y la sociedad. Como ejemplos de colaboración, se hace referencia al M.C. David Zárate (especialista en Planificación ambiental, evaluación de impacto ambiental, ecología y manejo de la zona costera, supervisión y manejo ambiental de proyectos turísticos costeros., al Dr. Miguel Rangel y a la Mtra. Silvia Carreño (especialistas en investigación y análisis en hidrogeología).

Grupo multidisciplinario

- Ecología y manejo de recursos naturales.
- Planificación y sistemas de manejo ambiental.
- Caracterización ambiental y geografía.
- Evaluación de impacto ambiental.
- Sistemas de información geográfica.
- Asesoramiento jurídico legal.

Estudios de línea base ambiental

Los estudios de línea base desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de un estudio de impacto ambiental, ya que ofrecen una caracterización detallada y actualizada del entorno en el que se prevé la implementación del proyecto. Una línea base bien estructurada es esencial para asegurar la objetividad y solidez del análisis de impactos, así como para diseñar medidas de manejo ambiental eficaces y adaptadas a las condiciones locales.

La línea base ambiental de referencia se compone de estudios de caracterización y otros análisis incluidos en el presente estudio, proporcionando los insumos necesarios para la elaboración del estudio de impacto ambiental. Los resultados de estos estudios se

presentan en los anexos del Capítulo IV, con el objetivo de que sean considerados en el análisis técnico por parte de la autoridad.

Definición del diseño y proceso constructivo

Tras la conclusión de los estudios de línea base ambiental, la promovente procedió a definir el trazo del proyecto y su proceso constructivo-operativo, con el objetivo de minimizar, en la mayor medida posible, los impactos ambientales.

Para ello, se establecieron criterios y condiciones que orientaron la toma de decisiones, los cuales fueron transformados en ejes rectores fundamentados en políticas y principios de sostenibilidad. Estos elementos se presentan detalladamente en la Tabla 2.5 a continuación.

Tabla 2.5 Ejes rectores establecidas como guía para el diseño y desarrollo sostenible del proyecto.

Ejes rectores	Premisas y políticas
AMBIENTAL	1. El diseño y proceso constructivo-operativo del proyecto no deben comprometer la estructura y función de los ecosistemas y recursos naturales presentes en su zona de influencia.
	2. Se debe evitar cualquier impacto ambiental en el Área de Protección de Flora y Fauna Balandra.
	3. El proyecto debe contribuir activamente a la conservación, restauración y mejoramiento de ecosistemas y especies protegida dentro del sistema ambiental regional (SAR) o el área protegida Balandra.
	4. Incorporar medidas que reduzcan la generación de gases de efecto invernadero (GEI) y fomenten la mitigación y adaptación al cambio climático.
	5. Integrar la gestión del recurso hídrico como una cuestión clave dentro del diseño y proceso constructivo-operativo del proyecto.
	6. Asegurar la calidad y disponibilidad a largo plazo de las fuentes de agua locales.
	7. Asegurar que la infraestructura sea resiliente frente a fenómenos hidrometeorológicos y efectos del cambio climático.
	8. Implementar acciones que no solo compensen los impactos negativos, sino que promuevan la mejora ecológica del entorno.
	9. Controlar y reducir todos los tipos de contaminación durante todas las etapas del proyecto.
	10. Aplicar tecnologías en el diseño y proceso constructivo-operativo que garanticen la menor huella ecológica y fragmentación de los ecosistemas.
	11. Priorizar la ocupación de áreas previamente impactadas o de bajo valor ambiental.
SOCIAL	12. Evitar que el desarrollo y operación del proyecto incremente la presión sobre las fuentes locales de agua, asegurando un uso eficiente, responsable y sustentable del recurso hídrico desde la etapa de diseño hasta la operación.
	13. Asegurar que el proyecto no comprometa el acceso al agua de las comunidades locales y promover una distribución justa del recurso.

Ejes rectores	Premisas y políticas
	14. Asegurar que el proyecto genere beneficios tangibles para las comunidades locales, mediante acciones integradas desde su diseño y proceso constructivo que incidan positivamente en la calidad de vida.
ECONÓMICA	15. Impulsar la productividad y el desarrollo económico regional.
	16. La inversión planteada para el proyecto, debe ser sostenible desde el punto de vista financiero
	17. Reconocer el agua como un recurso estratégico con alto valor económico, promoviendo su uso racional mediante el diseño e implementación de sistemas, tecnologías y prácticas que maximicen la eficiencia hídrica en el diseño y proceso constructivo-operativo del proyecto.
LEGAL	18. El proyecto debe asegurar el cumplimiento del marco ambiental legal y normativo aplicable.
	19. Asegurar el pleno cumplimiento de la legislación vigente en materia de aguas.
GOBERNANZA	20. El desarrollo del proyecto, debe generar confianza en la gobernanza a través de un proceso de toma de decisiones transparente, responsable e inclusiva de las autoridades involucradas en el desarrollo del proyecto.
	21. Promover la toma de decisiones informadas e inclusivas que involucren a los distintos actores del SAR.
	22. El proyecto deberá estar alineado a los ODS y a los criterios de Infraestructura Sostenible de agencias u organizaciones en la materia.
	23. El proyecto deberá adoptar estándares y mejores prácticas internacionales de gestión hídrica.
	24. Incluir buenas prácticas ambientales orientadas a la conservación y uso sustentable de los ecosistemas.

Fuente: Elaboración propia.

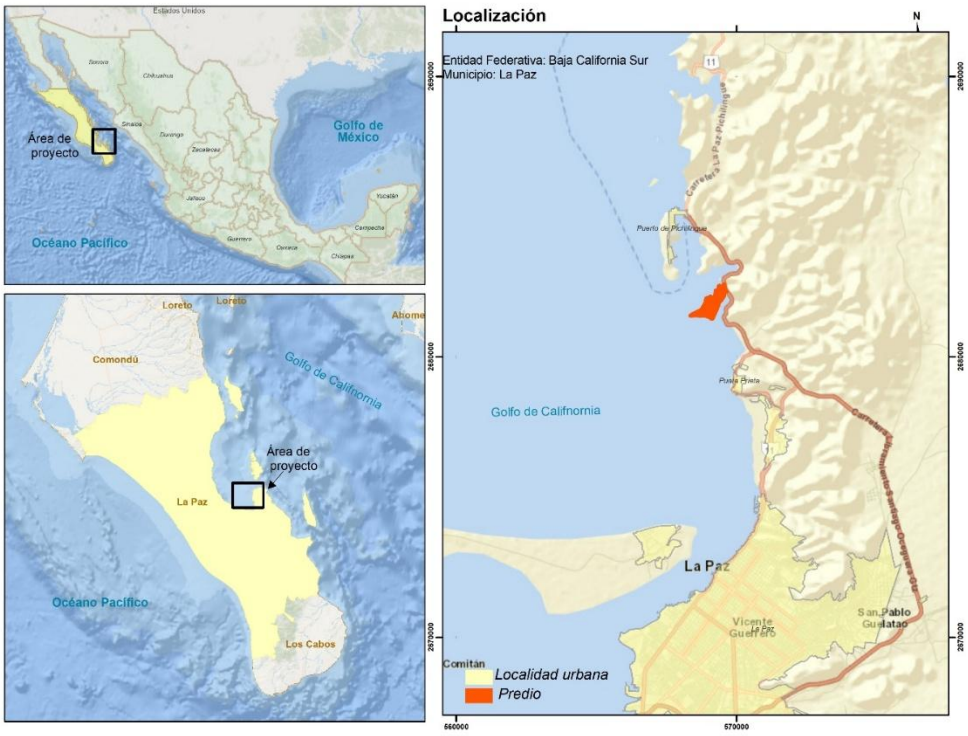
Evaluación de impacto ambiental

El desarrollo del proyecto y la elaboración de la presente MIA han sido guiados por los estudios de línea base ambiental, así como por los criterios establecidos para el diseño y el proceso constructivo-operativo (Tabla 2.5). Estos elementos han permitido orientar el proyecto bajo un enfoque fundamentado en la sostenibilidad y la gestión ambiental responsable.

2.3.5. Ubicación física y dimensiones del proyecto

El predio del desarrollo se ubica en el Golfo de Cortés, en la península denominada Punta Colorada, en el municipio de La Paz, Baja California Sur, México. El lote colinda con la carretera federal No. 11 Baja California Sur La Paz – El Tecolote.

Figura 2.12 Ubicación general del proyecto



Las coordenadas del predio se enlistan en la siguiente Tabla 2.6

Tabla 2.6 Coordenadas externas del predio del Proyecto.

Coordenadas UTM Zona 16 norte		
VÉRTICE	X	Y
1	569651.42	2682323.71
2	569603.92	2682318.98
3	569574.44	2682294.97
4	569566.38	2682209.05
5	569543.98	2682160.84
6	569516.63	2682117.33
7	569480.67	2682051.45
8	569394.18	2681955.42
9	569369.27	2681912.34
10	569350.30	2681812.47
11	569305.96	2681747.78

Coordenadas UTM Zona 16 norte		
VÉRTICE	X	Y
12	569283.69	2681671.32
13	569164.68	2681404.20
14	569153.87	2681379.95
15	569135.81	2681359.52
16	569121.54	2681359.83
17	569104.15	2681360.21
18	569055.44	2681391.28
19	568996.24	2681430.27
20	568902.84	2681457.87
21	568793.17	2681480.32
22	568738.36	2681469.52

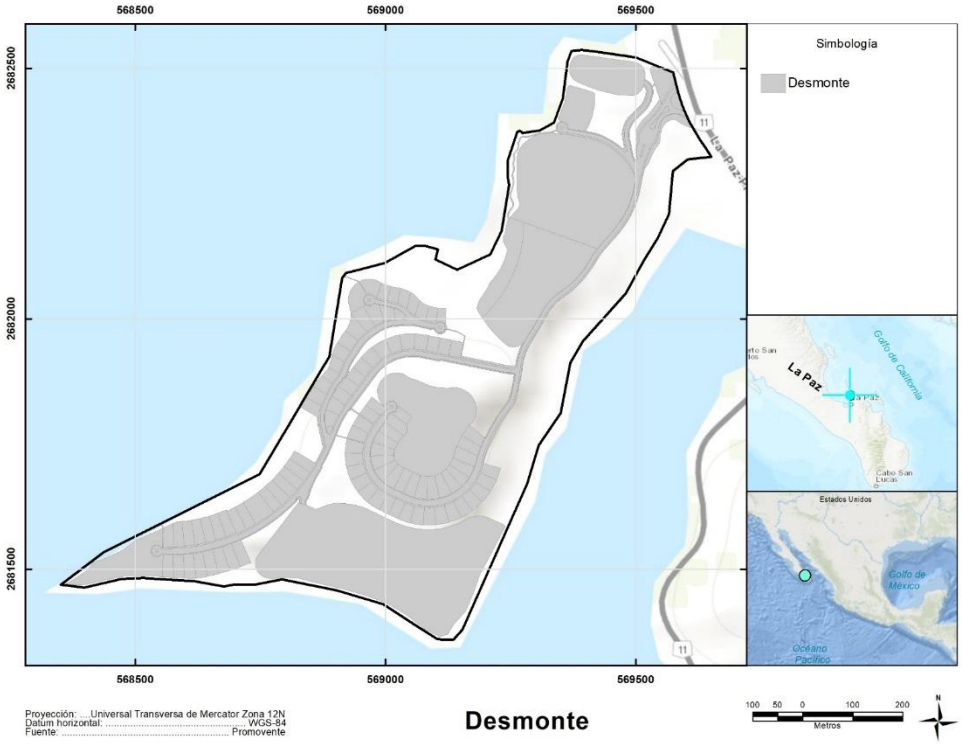
Coordenadas UTM Zona 16 norte		
VÉRTICE	X	Y
23	568695.54	2681469.38
24	568677.26	2681466.13
25	568617.34	2681476.57
26	568532.59	2681481.75
27	568516.36	2681482.74
28	568472.68	2681480.68
29	568398.12	2681463.65
30	568351.18	2681469.63
31	568436.83	2681533.77
32	568748.09	2681689.88
33	568828.44	2681825.31
34	568832.80	2681832.66
35	568869.34	2681894.25
36	568887.50	2681924.82
37	568913.47	2682081.77
38	568916.12	2682085.11
39	568917.11	2682086.35
40	568921.50	2682091.88
41	568949.53	2682099.22
42	568998.50	2682112.06
43	569059.75	2682145.97
44	569079.97	2682145.77
45	569104.86	2682138.49
46	569099.92	2682119.01
47	569143.49	2682098.04
48	569209.25	2682128.66
49	569232.42	2682175.76
50	569247.36	2682267.31
51	569244.43	2682283.30
52	569244.02	2682316.14
53	569263.78	2682373.70
54	569268.78	2682375.45
55	569274.01	2682371.73
56	569308.38	2682376.71
57	569336.74	2682391.76
58	569354.57	2682440.39
59	569363.47	2682513.63
60	569371.47	2682534.78
61	569391.86	2682537.49

Coordenadas UTM Zona 16 norte		
VÉRTICE	X	Y
62	569422.08	2682533.65
63	569500.66	2682522.27
64	569500.66	2682522.27
65	569558.49	2682498.60
66	569574.73	2682492.59
67	569574.98	2682491.54
68	569579.73	2682471.78
69	569583.92	2682456.45
70	569584.66	2682453.74
71	569585.09	2682452.17
72	569585.75	2682450.04
73	569591.00	2682432.97
74	569591.07	2682432.74
75	569592.11	2682429.72
76	569593.76	2682424.95
77	569593.88	2682424.61
78	569594.74	2682422.36
79	569596.62	2682417.48
80	569596.97	2682416.57
81	569600.31	2682408.64
82	569603.91	2682400.82
83	569606.54	2682395.56
84	569607.76	2682393.12
85	569611.86	2682385.56
86	569614.54	2682380.92
87	569621.00	2682369.71
88	569628.41	2682357.93
89	569638.04	2682343.40

El Proyecto PLP se desarrollará en un predio de 52.05 hectáreas (520,532.73 m²), con una superficie de ocupación total de 16.82 hectáreas, equivalente al 32% del Coeficiente de Ocupación del Suelo (C.O.S.), valor inferior al 40% establecido en la Actualización del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de La Paz, B.C.S.

Esta superficie comprende la totalidad de las áreas impermeables destinadas a construcción, incluyendo edificaciones, vialidades e infraestructura de servicios, conforme a lo especificado en la Tabla 2.16 Es importante resaltar que el proyecto se mantiene por debajo de los límites máximos de densidad, ocupación del suelo y niveles permitidos, lo que refleja un enfoque de desarrollo controlado y sustentable.

Figura 2.13 Superficie sujeta a cambio de uso de suelo



Para realizar el cambio de uso de suelo en zonas áridas, se prevé el retiro de vegetación en una superficie total de 337,410.58 m² (33.74 ha) (Figura 2.13); Dentro de esta área, una porción de la superficie destinada a los lotes residenciales será utilizada temporalmente durante las fases de preparación y construcción, con la intención de restablecer la vegetación nativa posteriormente. Esta sección será reforestada y delimitada como superficie con restricciones de construcción, conforme al reglamento del proyecto, estableciendo restricciones de 5 metros en la parte frontal, 5.5 metros en la parte posterior y 2 metros en los laterales (Figura 2.14)

Figura 2.14 Superficie de aprovechamiento temporal (superficie de restricciones)

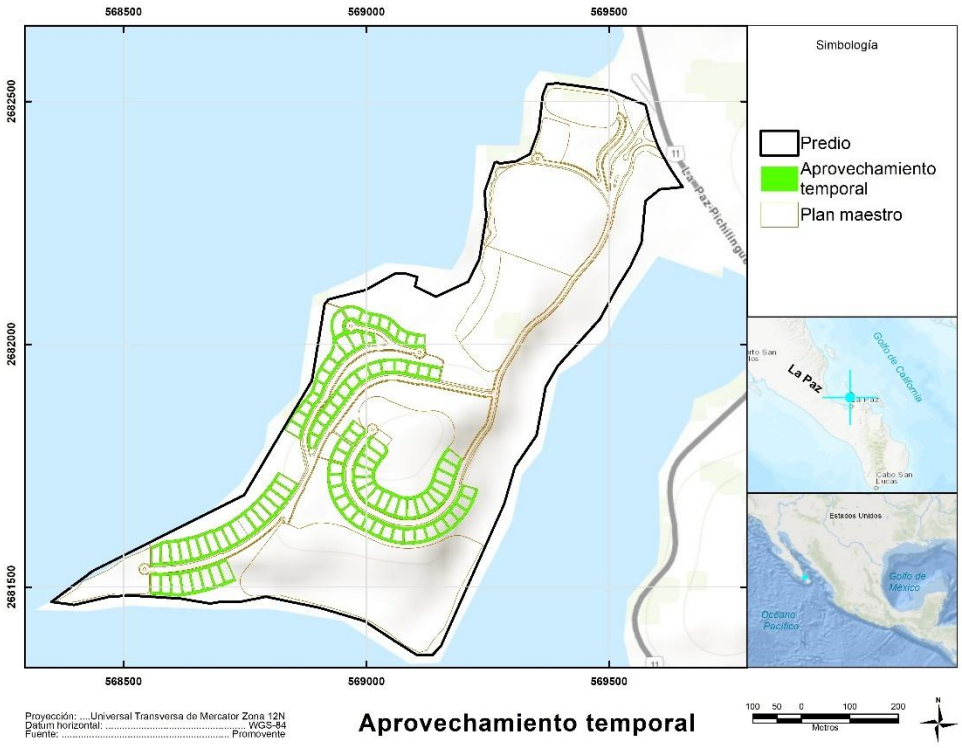


Tabla 2.7 Superficie de aprovechamiento temporal (Restricción)

ID	Superficie del macrolote.		Superficie de restricción (aprovechamiento temporal)	
	m^2	Ha	m^2	Ha
RM-1	26,751.01	2.68	11,983.35	1.20
RM-2A	16,597.08	1.66	6341.62	0.63
RM-2B	17,592.38	1.76	7413.30	0.74
RM-3A	16,818.88	1.68	6088.80	0.61
RM-3B	8,317.01	0.83	3026.91	0.30
Subtotal	154,468.72	15.45	34,853.98	3.48

2.3.6. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

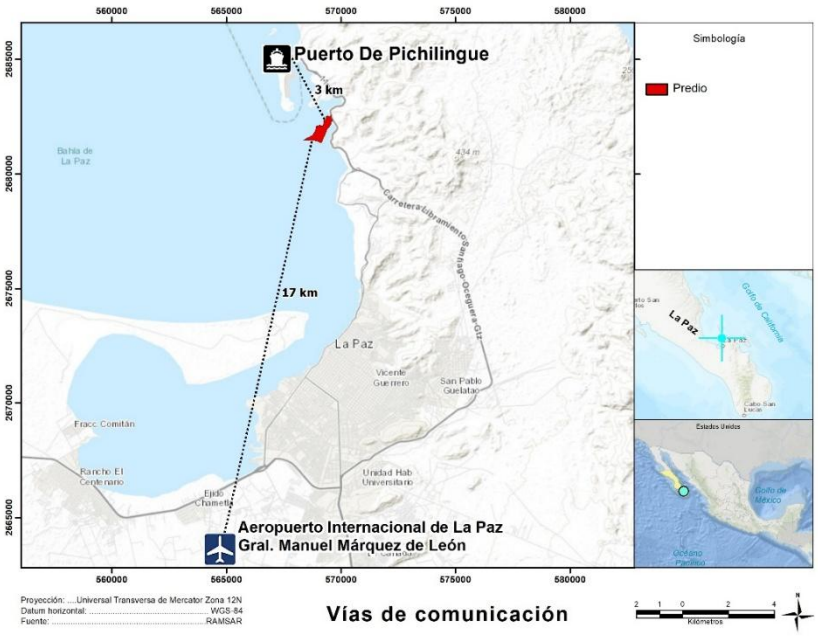
El predio del Proyecto localizado en el Municipio de La Paz se localiza fuera del núcleo urbano de la ciudad, para acceder al predio se debe recorrer la Carretera Federal 11 Baja California Sur La Paz – El Tecolote; a lo largo de esta vialidad corre una línea de trasmisión de la CFE. Colindante al Proyecto, hacia el sur y al norte se encuentran unos humedales de manglar pertenecientes al Área de Protección de Flora y Fauna Balandra. Siguiendo la vialidad, más al norte, se localiza el Puerto de Pichilingue.

En las áreas aledañas al Proyecto se cuenta con la siguiente infraestructura:

- **Vías de comunicación. –** además de la vialidad que pasa a un costado del predio, 3.9 km al norte, se encuentra el Puerto desde donde salen ferries en dirección a Mazatlán y Topolobambo.

- **Aeropuerto. –** el aeropuerto más cercano al área del Proyecto es el Aeropuerto Internacional de La Paz - Gral. Manuel Márquez de León, a unos 26 km de distancia.

Figura 2.15 Localización del AILP respecto al predio del Proyecto.



Los servicios urbanos con los que contará el Proyecto tras su ejecución son:

- Vialidades: se implementará una vialidad principal que dará acceso al predio y será el eje principal de comunicación. Además, se desarrollarán vialidades interiores que permitirá la comunicación dentro de los lotes residenciales; así como senderos que darán movilidad a los peatones y ciclistas del predio.

- Energía Eléctrica: para el suministro de energía eléctrica a los diferentes elementos que integran al Proyecto, se implementará una red subterránea de media tensión la cual estará adosada a la vialidad principal, la cual recibirá la acometida de una subestación eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), es importante señalar que el proyecto posee con factibilidad para la dotación del servicio emitida por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

- Sistema de Abastecimiento de Agua Potable: Para el proyecto se implementará una red de distribución de agua potable, cuya fuente de suministro será la captación directa y tratamiento de agua de mar. Este sistema garantizará el acceso continuo al recurso hídrico, integrándose a la infraestructura del desarrollo.

- Drenaje y Alcantarillado: El Proyecto contará con una red de drenaje que captará las aguas residuales grises y negras generadas por su operación y las enviará a una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para su tratamiento y su posterior

aprovechamiento en el riego de áreas verdes y reuso en sanitarios y trabajos de limpieza en general; El agua tratada contará estrictamente con la calidad requerida para su reúso como servicios al público.

Todas las acometidas llegarán a pie de lote.

2.3.7. Inversión requerida

La inversión total estimada para el desarrollo completo del Proyecto PLP es de **$17,000,000,000.00 pesos** (**Diecisiete mil millones de pesos**)

Tabla 2.8 Inversión total del Proyecto

Inversión	MXN
Hotelera	$3,520,000,000.00
Residencial	$12,700,000,000.00
Equipamiento, infraestructura y servicios	$780,000,000.00
Total	**$17,000,000,000.00**

2.4. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA

El Proyecto contemplado en el Plan Maestro PLP tiene como objetivo el desarrollo integral de un conjunto de obras y actividades de carácter residencial, hotelero y recreativo, sobre un predio con una superficie total de 52.05 hectáreas. La propuesta considera una densidad máxima de 200 cuartos hoteleros y 215 unidades habitacionales.

Como parte del desarrollo, se prevé la ejecución de infraestructura esencial, incluyendo vialidades, áreas de equipamiento, así como redes hidráulicas, hidrosanitarias, eléctricas y de telecomunicaciones, necesarias para las etapas de construcción, operación y mantenimiento del Proyecto. Asimismo, se destinarán lotes de uso exclusivo para viviendas y otros para la edificación y operación de infraestructura hotelera.

El Proyecto se estructura en un Plan Maestro que será ejecutado en cuatro fases a lo largo de un periodo estimado de 15 años.

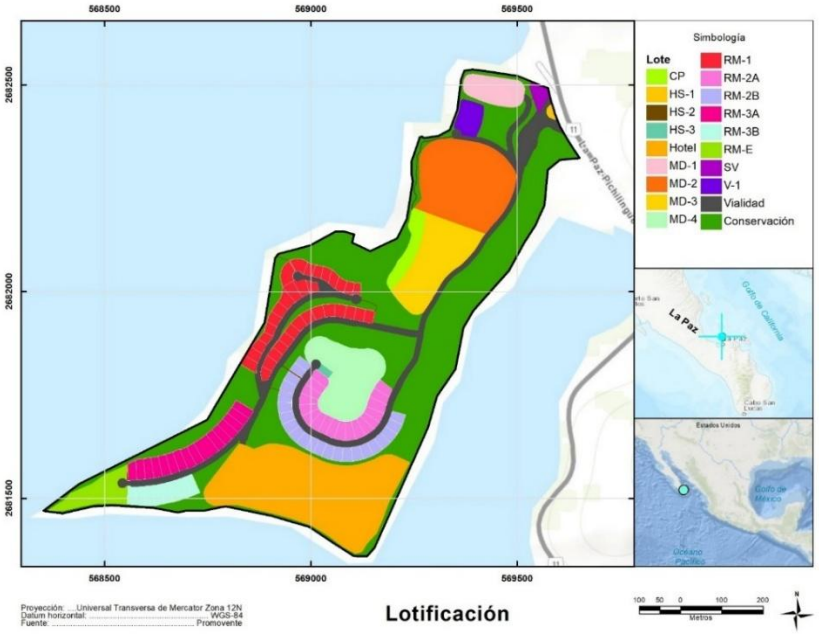
2.4.1. Actividades

Lotificación

El diseño del plan maestro ha sido desarrollado considerando estrictamente los parámetros establecidos para los macrolotes que conforman la lotificación. Cada una de estas especificaciones ha sido alineada con los instrumentos normativos aplicables, asegurando el cumplimiento de las regulaciones vigentes.

Para la ejecución del Proyecto PLP, el predio fue subdividido en 19 macrolotes (Figura 2.16), asignando a cada uno una vocación específica de uso de suelo. Además, se determinaron parámetros de aprovechamiento y densidad apropiados, asegurando el cumplimiento de la normatividad vigente.

Figura 2.16 Lotificación del Plan Maestro del proyecto Punta La Paz



La superficie total máxima de construcción prevista es de 168,151.43 m² (**16.82 ha**), lo que representa un **valor inferior al límite máximo de 20.82 ha** determinado por el Plan de Desarrollo Urbano. Esta autolimitación del proyecto, a pesar de contar con parámetros urbanísticos que permitirían mayores densidades, alturas y ocupación del suelo, refleja un enfoque de desarrollo responsable orientado a minimizar su impacto ambiental y urbano.

Al mantenerse dentro de los límites permitidos y no hacer uso de la totalidad de los valores autorizados por la normativa, el proyecto garantiza una ejecución responsable, evitando impactos negativos y promoviendo una gestión equilibrada del territorio. Este enfoque permite que el desarrollo urbano se integre de manera armónica con el entorno natural y social, contribuyendo a la preservación de recursos y el bienestar de la comunidad.

Asimismo, la planificación del proyecto responde a un modelo basado en la sostenibilidad, evitando el sobreexplotación del suelo y asegurando que las condiciones ambientales sean respetadas. Esto fortalece la viabilidad a largo plazo, fomentando una ocupación del espacio que considera tanto el desarrollo económico como la conservación del entorno.

Como resultado, la propuesta cumple con todos los criterios de ordenamiento, evitando conflictos regulatorios y garantizando una ejecución conforme a las mejores prácticas de planificación urbana y ambiental.

2.4.2. Obras

1. **Construcción de viviendas en lotes unifamiliares:** El proyecto contempla la disposición de lotes destinados a la construcción de viviendas unifamiliares, ubicados dentro de los macrolotes con uso Residencial**.**

   La construcción y operación de las obras en cada lote estarán sujetas a la presentación de Proyectos Particulares ante un Comité de Construcción, el cual verificará el cumplimiento del Reglamento de Construcción (**Anexo 2.1**). Este proceso garantiza que los impactos ambientales derivados de la ejecución de las obras sean debidamente prevenidos y mitigados. Una vez aprobados por el comité, se notificará a SEMARNAT.

2. **Construcción de vialidades:** El proyecto incluirá tres tipos de vialidades y un andador peatonal que facilitarán la conectividad entre los distintos desarrollos residenciales y turísticos; En la entrada principal del complejo, se instalará una caseta de acceso, que servirá para el control de entrada de visitantes y residentes.

   La superficie total destinada para el desarrollo de estas vialidades y elementos de conectividad será de 5.14 hectáreas.

3. **Construcción y operación de Equipamiento e Infraestructura para dotación de servicios:** El proyecto contempla la implementación de infraestructura esencial para garantizar el suministro adecuado de servicios dentro del desarrollo. Entre las principales instalaciones previstas se incluyen:

   - Planta Desaladora de Agua Marina, junto con su infraestructura para la toma y descarga marina.
   - Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, además de la infraestructura necesaria para su disposición final.

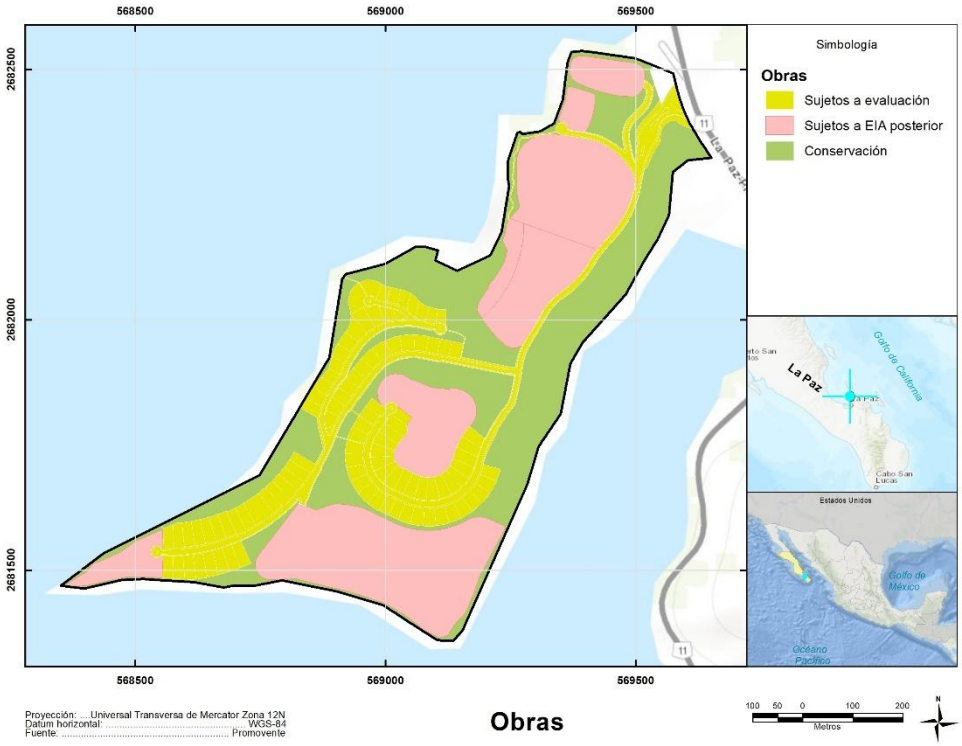
- Instalaciones eléctricas, hidráulicas, hidrosanitarias y de telecomunicaciones, diseñadas para ofrecer servicios de alta calidad a propietarios, residentes y visitantes.

La superficie total destinada a la instalación de esta infraestructura será de 0.39 hectáreas, asegurando su correcta integración en el entorno del desarrollo.

4. **Conservación.-** El Proyecto mantendrá el 35.17% de la superficie total del predio como áreas de conservación distribuidas entre los diferentes macrolotes y que equivalen a 18.31 ha. En estas áreas no se presentará afectación antrópica por la implementación del Proyecto, manteniendo las condiciones naturales del área.
5. **Centro para la Conservación y Uso Sostenible del Manglar y recursos Costeros**: El proyecto se localiza fuera del área de amortiguamiento que protege las zonas de manglar cercanas al predio, no obstante, el promovente, en colaboración con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), impulsa la creación del mencionado centro y la operación del mismo quedará a cargo de la CONANP, para lo cual deberá formalizarse la relación mediante un instrumento jurídico que proponga la autoridad competente.

El desarrollo y la operación de las obras proyectadas en los macrolotes RM-1, RM-2A, RM-2B, RM-3A, RM-3B, así como en las áreas designadas como Vialidad, SV, HS-1, HS-2 y HS-3, constituyen el objeto de análisis en la presente evaluación de impacto ambiental. (Figura 2.17)

Figura 2.17 Propuesta de obras sujetas a la presente evaluación de impacto ambiental



2.4.3. Actividades (Sujetas a EIA posterior).

Desarrollo en los macrolotes con denominación **RM-E, MD-1, MD-2, MD-3, MD-4, H1, V-1, CP**, de varios usos: habitacional, mixto, hotelero, comercio y amenidad; . La distribución de estos macro lotes al interior del predio se establece conforme a las necesidades y viabilidades comerciales del proyecto; el diseño final de manera individual de cada uno de los lotes se deberá someter a evaluación el estudio de impacto ambiental correspondiente por lo que la presente Manifestación no considera más que la distribución de los macro lotes y la asignación de los parámetros urbanos correspondiente que incluyen alturas máximas, superficies máximas de áreas de aprovechamiento y densidades por lote.

Es relevante señalar que la presente solicitud de autorización se limita exclusivamente a la presentación de la distribución de los macrolotes destinados a usos habitacional, mixto y hotelero, así como a las áreas comerciales y de amenidades, incluyendo los parámetros urbanísticos aplicables. Entre estos parámetros se encuentran el coeficiente de ocupación del suelo, el coeficiente de absorción, la densidad y los niveles máximos de edificación, los cuales establecerán las bases para los lineamientos constructivos futuros del Proyecto Punta La Paz en dichos macrolotes.

Cabe destacar que la infraestructura correspondiente, así como la distribución de áreas de aprovechamiento y superficies permeables dentro de estas zonas, deberá ser evaluada individualmente conforme a los parámetros definidos en la presente Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional (MIA-R). Dicha evaluación se realizará en apego al procedimiento establecido en los artículos 28 y 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), y su autorización quedará sujeta al cumplimiento estricto de las disposiciones que se deriven del resolutivo correspondiente, en caso de emitirse de forma favorable.

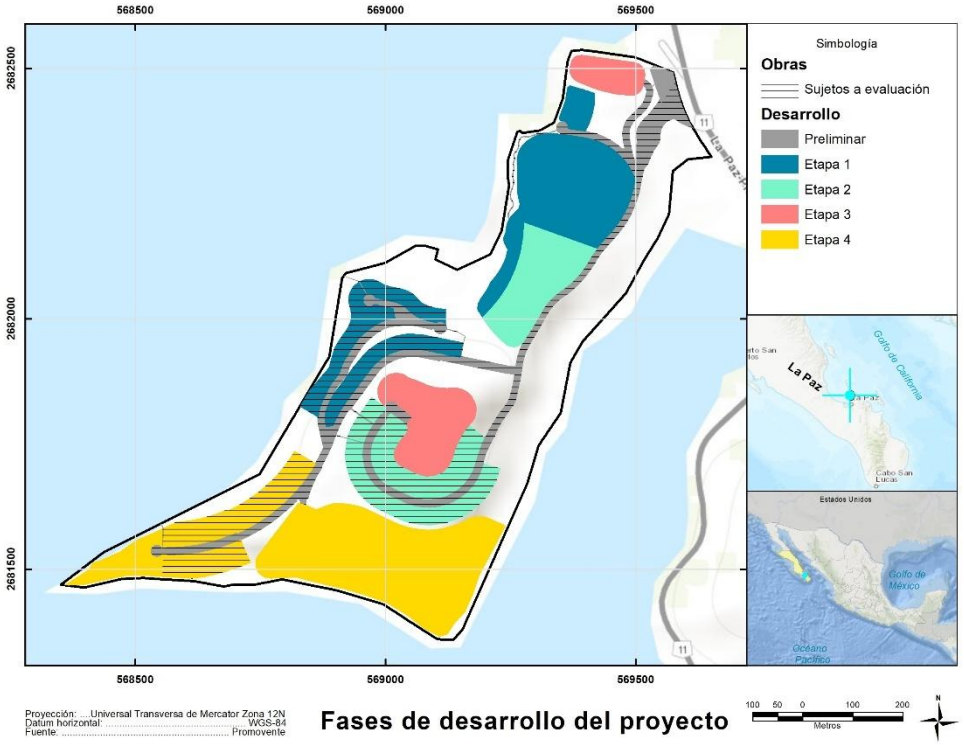
Lo anterior y tal como se observa más adelante, tiene la finalidad de garantizar que los sub desarrolladores de los macro lotes mencionados se apeguen de manera irrestricta a las disposiciones establecidas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental en lo correspondiente a las densidades y parámetros, así como los criterios de manejo y protección de los recursos naturales y los programas correspondientes al Sistema de Gestión y Manejo Ambiental propuesto en el Capítulo 6 de la presente MIA.

2.4.4. Fases y características del Proyecto

2.4.4.1. Fases del Proyecto

El desarrollo turístico completo se ha previsto implementarlo de la siguiente manera: una vez obtenidos todos los permisos y licencias, se dividirá el desarrollo en 4 fases (Figura 2.18), partiendo la primera fase del vial principal que articula todo el terreno, y abriéndose en las siguientes fases hacia los laterales del predio. El tiempo estimado para la completa ejecución y consolidación de todo el desarrollo es de 15 años.

Figura 2.18 Fases de Desarrollo del Proyecto



Fase 1: Infraestructura Primaria y Servicios Básicos

Se contempla el inicio de las obras con la construcción del vial principal, que funcionará como eje estructurante del desarrollo, proporcionando acceso y servicios a los lotes residenciales, mixtos y hoteleros. En esta etapa, también se ejecutará la infraestructura básica, incluyendo:

- Sistema de suministro de energía eléctrica
- Planta desaladora
- Planta de tratamiento de aguas residuales

Estos servicios serán desarrollados bajo un esquema modular, permitiendo su ampliación conforme aumenten los requerimientos de demanda.

Fase 2: Expansión Turística y Residencial

Esta fase comprende la ampliación de la oferta hotelera y turística, a través de la construcción del vial inferior derecho, que brindará acceso al macrolote mixto y al Club de Playa. Asimismo, se incorporarán nuevos lotes residenciales al proceso de comercialización, estimándose un periodo de absorción equivalente al del conjunto del Proyecto.

Fase 3: Consolidación Residencial

Durante esta etapa se prevé la habilitación de los lotes residenciales, con el propósito de ampliar la disponibilidad habitacional en el polígono de desarrollo.

Fase 4: Conectividad Final y Comercialización Total

Finalmente, se concluirán los tramos de vialidades que permiten el acceso a los lotes más distantes de la vialidad central. Dichos lotes también serán integrados a la comercialización, proyectándose su absorción dentro del plazo general del Proyecto.

A nivel conceptual, el esquema de desarrollo contempla la ejecución progresiva de los componentes más apartados del acceso principal, reservando para etapas posteriores la consolidación del lote hotelero y de los lotes residenciales periféricos.

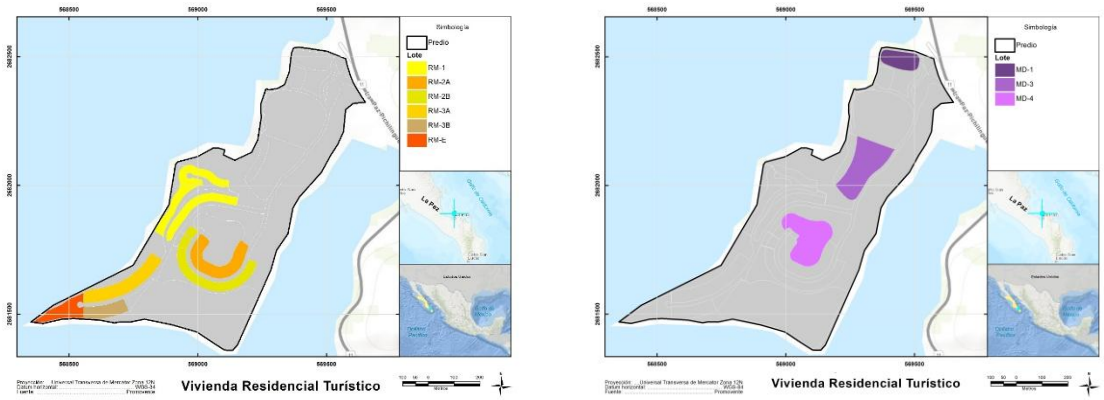
2.4.5. Descripción de los usos asignados

Para fines del Proyecto, el predio se dividió en 19 macrolotes, a los cuales se le asignaron vocaciones de uso de suelo, y se establecieron los parámetros de aprovechamiento, densidad y altura máxima.

A continuación, se presenta la descripción de cada Vocación de uso de suelo definido para el Proyecto:

a. **Uso Residencial:** El uso residencial se ha establecido para nueve macrolotes (**RM-1, RM-2A, RM-2B, RM-3A, RM-3B, RM-E, MD-1, MD-3 y MD-4**) (Figura 2.19), que en conjunto abarcan una superficie total de 15.45 hectáreas. En conjunto de estos macrolotes se permitirá una densidad máxima de 186 viviendas, con una altura de 10.50 metros, además de la infraestructura correspondiente. La superficie total con potencial de aprovechamiento es de 15.45 hectáreas, de las cuales hasta 6.18 hectáreas serán destinadas infraestructura edificada, mientras que las 9.27 hectáreas restantes se destinarán como áreas permeables, tales como zonas verdes.

Figura 2.19 Macrolotes con vocación de destino Uso Residencial



En la Tabla 2.9 se especifican las superficies de aprovechamiento y conservación destinadas para cada macrolote con vocación de Uso Residencial, así como sus respectivas densidades.

Tabla 2.9 Parámetros aplicables a los macrolotes con vocación de destino Uso Residencial

ID	Clasificación	Zona / Compatibilidad	Superficie del macrolote.		COS (%)	Superficie máxima de construcción		Superficie de área libre		Densidad		Niveles o Altura máxima
			m^2	Ha		m^2	Ha	m^2	Ha	Cuartos hoteleros	Viviendas	
RM-1	Residencial	Vivienda Residencial Turístico (H6)	26,751.01	2.68	40	10,700.41	1.07	16,050.61	1.61	0	34	10.50
RM-2A	Residencial	Vivienda Residencial Turístico (H6)	16,597.08	1.66	40	6,638.83	0.66	9,958.25	1.00	0	18	10.50
RM-2B	Residencial	Vivienda Residencial Turístico (H6)	17,592.38	1.76	40	7,036.95	0.70	10,555.43	1.06	0	22	10.50
RM-3A	Residencial	Vivienda Residencial Turístico (H6)	16,818.88	1.68	40	6,727.55	0.67	10,091.33	1.01	0	17	10.50
RM-3B	Residencial	Vivienda Residencial Turístico (H6)	8,317.01	0.83	40	3,326.80	0.33	4,990.21	0.50	0	8	10.50
RM-E	Residencial	Vivienda Residencial Turístico (H6)	9,398.31	0.94	40	3,759.32	0.38	5,638.98	0.56	0	12	10.50
MD-1	Residencial	Vivienda Residencial Turístico (H6)	9,173.00	0.92	40	3,669.20	0.37	5,503.80	0.55		11	10.50
MD-3	Residencial	Vivienda Residencial Turístico (H6)	25,196.67	2.52	40	10,078.67	1.01	15,118.00	1.51		32	10.50
MD-4	Residencial	Vivienda Residencial Turístico (H6)	24,624.39	2.46	40	9,849.76	0.98	14,774.63	1.48		32	10.50
Subtotal			154,468.72	15.45		61,787.49	6.18	92,681.23	9.27		186	

La construcción y operación de los lotes particulares estará sujeta a la presentación de Proyectos Particulares desarrollados en apego a los lineamientos establecidos en el Reglamento de Construcción del Proyecto, cuyo cumplimiento será evaluado y verificado por el Comité de Construcción del Proyecto Inmobiliario Punta La Paz.

b. **Uso Mixto:** El uso mixto ha sido asignado al macrolote MD-2, que comprende una superficie total de 4.18 hectáreas, contará con 100 cuartos hoteleros y 29 viviendas con una altura máxima de 10.50 metros, además de la infraestructura necesaria; La superficie total con potencial de aprovechamiento es de 4.18 hectáreas, de las cuales hasta 1.67 hectáreas serán destinadas a construcciones y el resto (2.51 ha) restantes se destinarán como áreas permeables, tales como zonas verdes. (Tabla 2.10); El desarrollo de obras en estos macrolotes se condicionará a la presentación de su Estudio de Impacto Ambiental correspondiente.

Figura 2.20 Macrolote con vocación de destino Uso Mixto

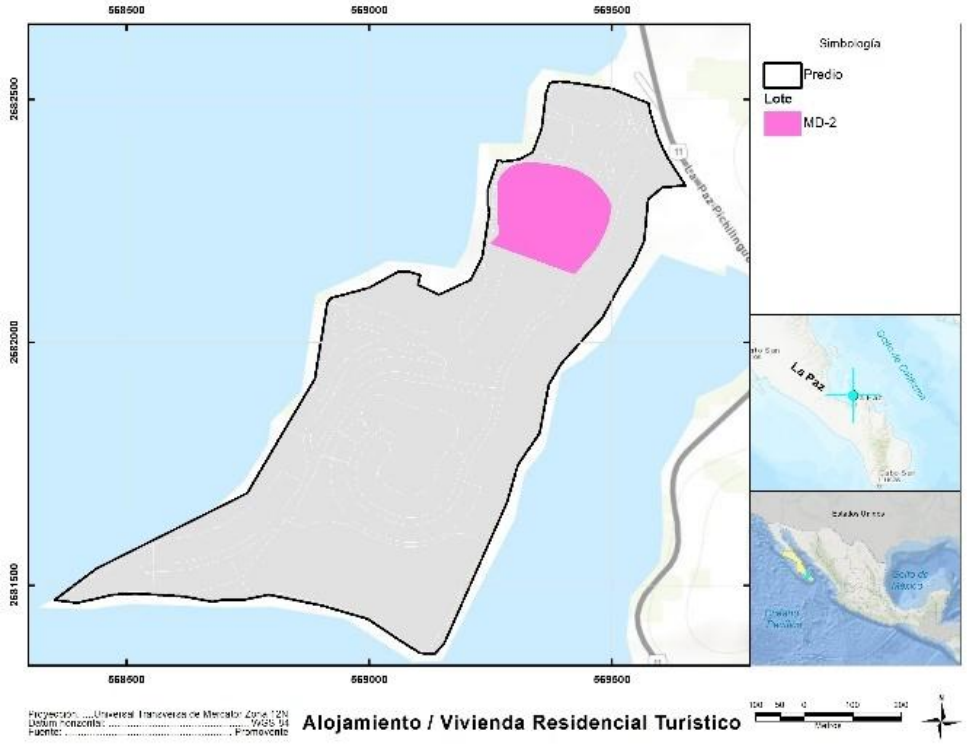


Tabla 2.10 Parámetros aplicables al macrolote con vocación de destino Uso Mixto

ID	Uso de lote	Zona / Compatibilidad	Superficie del macrolote.		COS (%)	Superficie máxima de construcción		Superficie de áreas libres		Densidad		Niveles o Altura máxima
			m^2	Ha		m^2	Ha	m^2	Ha	Cuartos hoteleros	Viviendas	
MD-2	Residencial Hotel	Alojamiento / Vivienda Residencial Turístico (H6)	41,752.62	4.18	40	16,701.05	1.67	25,051.57	2.51	100	29	10.50
Subtotal			**41,752.62**	**4.18**		**16,701.05**	**1.67**	**25,051.57**	**2.51**	**100**	**29**	

c. **Uso Hotelero:** El uso de suelo del macrolote H1 (Figura 2.21), con una superficie total de 7.49 hectáreas, permite el desarrollo de más de 350 cuartos hoteleros. Sin embargo, el proyecto contempla únicamente la construcción de 100 cuartos, junto con la infraestructura correspondiente. La superficie con potencial de aprovechamiento sigue siendo de 7.49 hectáreas, destinándose hasta 2.99 hectáreas a edificaciones y el resto (4.49 ha) a áreas verdes (Tabla 2.11). La ejecución de obras en este macrolote estará condicionada a la presentación del Estudio de Impacto Ambiental correspondiente.

Figura 2.21 Macrolote con vocación de destino Hotelero

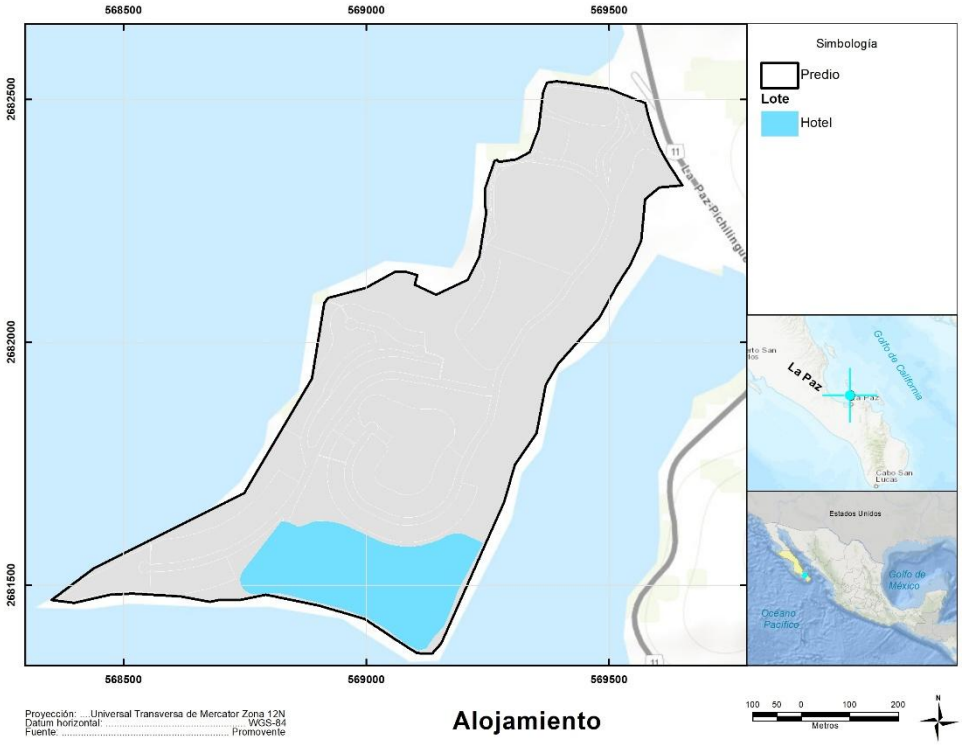


Tabla 2.11 Parámetros aplicables al macrolote con vocación de destino Uso Hotelero

ID	Uso de lote	Zona / Compatibilidad	Superficie del macrolote.		COS (%)	Superficie máxima de construcción		Superficie de áreas libres		Densidad		Niveles o Altura máxima
			m^2	Ha		m^2	Ha	m^2	Ha	Cuartos hoteleros	Viviendas	
H-1	Hotel I	Alojamiento	74,874.52	7.49	40	29,949.81	2.99	44,924.71	4.49	100	0	10.50
Subtotal			**74,874.52**	**7.49**		**29,949.81**	**2.99**	**44,924.71**	**4.49**	**100**	**0**	

d. Uso Comercio y Servicios: El uso de comercio y servicios se ha establecido para dos macrolotes (**V-1** y **CP**) (Figura 2.22), el conjunto de estos macrolotes posee una superficie total de 1.10 hectáreas y dentro de estos no se contempla el establecimiento de densidad de vivienda o alojamiento; La superficie total con potencial de aprovechamiento es de 1.10 hectáreas, de las cuales hasta 0.44 hectáreas serán destinadas a construcciones y el resto (0.66 ha) como áreas verdes (Tabla 2.12)

Figura 2.22 Macrolotes con vocación de destino Comercio y Servicios

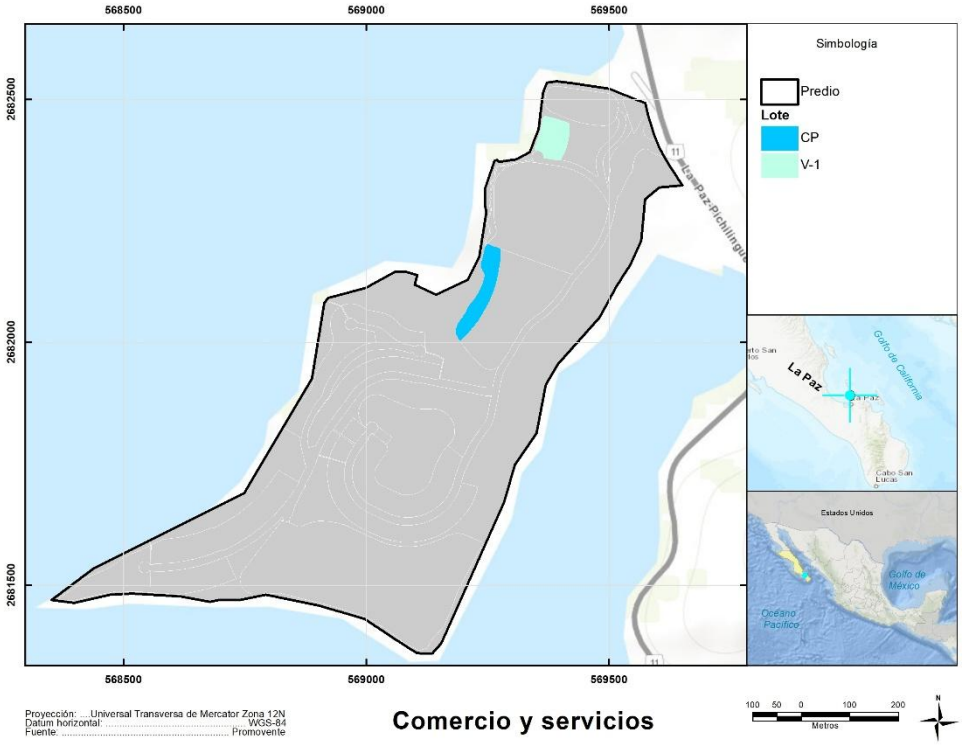


Tabla 2.12 Parámetros aplicables a los macrolotes con vocación de destino Comercio y Servicios

ID	Uso de lote	Zona / Compatibilidad	Superficie del macrolote.		COS (%)	Superficie máxima de construcción		Superficie de áreas libres		Densidad		Niveles o Altura máxima
			m^2	Ha		m^2	Ha	m^2	Ha	Cuartos hoteleros	Viviendas	
V-1	Comercial	Comercio y Servicios	4,747.12	0.47	40%	1,898.85	0.19	2,848.27	0.28	N/A	N/A	10.50
CP	Amenidad	Comercio y servicios	6,255.59	0.63	40%	2,502.24	0.25	3,753.36	0.38	N/A	N/A	10.50
Subtotal			**11,002.71**	**1.10**		**4,401.09**	**0.44**	**6,601.63**	**0.66**			

e. **Uso Equipamiento e infraestructura:** Este uso se ha establecido para cuatro macrolotes (**SV, HS-1, HS-2,** y **HS-3**) (Figura 2.23) el conjunto de estos macrolotes posee una superficie total de 0.39 hectáreas y dentro de estos no se contempla el establecimiento de densidad de vivienda o alojamiento, estarán destinados para la implementación de infraestructura de soporte para la operación del Proyecto La superficie total con potencial de aprovechamiento es de 0.39 hectáreas, las cuales serán destinadas en su totalidad a construcciones (Tabla 2.13).

Figura 2.23 Macrolotes con vocación de destino Equipamiento e Infraestructura

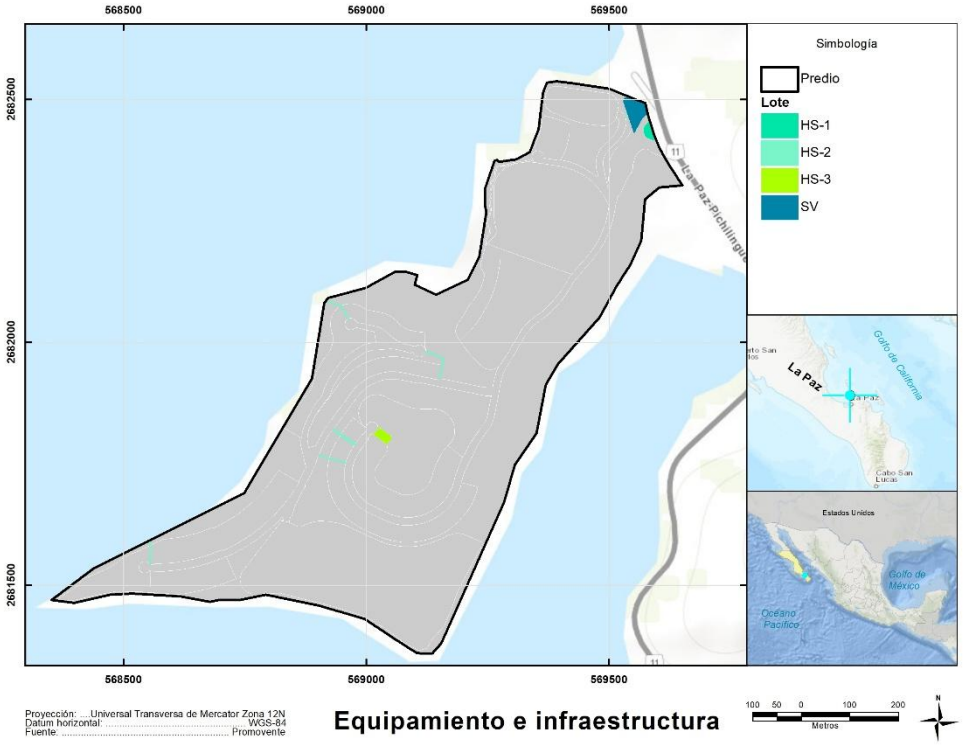


Tabla 2.13 Parámetros aplicables a los macrolotes con vocación de destino Uso Equipamiento e Infraestructura

ID	Uso de lote	Zona / Compatibilidad	Superficie del macrolote.		COS (%)	Superficie máxima de construcción		Superficie de áreas libres		Densidad		Niveles o Altura máxima
			m^2	Ha		m^2	Ha	m^2	Ha	Cuartos hoteleros	Viviendas	
SV	Infraestructura	Equipamiento e infraestructura	2,094.77	0.21	100%	2,094.77	0.21	N/A	N/A	N/A	N/A	10.50
HS-1	Infraestructura	Equipamiento e infraestructura	577.46	0.06	100%	577.46	0.06	N/A	N/A	N/A	N/A	10.50
HS-2	Infraestructura	Equipamiento e infraestructura	551.24	0.06	100%	551.24	0.06	N/A	N/A	N/A	N/A	10.50
HS-3	Infraestructura	Equipamiento e infraestructura	649.90	0.06	100%	649.90	0.06	N/A	N/A	N/A	N/A	10.50
Subtotal			**3,873.37**	**0.39**		**3,873.37**	**0.39**					

f. Uso Vialidad: Este macrolote (Figura 2.24) posee una superficie total de 5.14 hectáreas, está destinado exclusivamente a la construcción de una vialidad principal y una vialidad terciaria, junto con la infraestructura de servicios asociada. No se contempla el desarrollo de vivienda o alojamiento. La totalidad del área con potencial de aprovechamiento, que abarca 5.41 hectáreas, se dedicará al establecimiento de vialidades (Tabla 2.14).

Figura 2.24 Macrolote con vocación de destino Vialidad

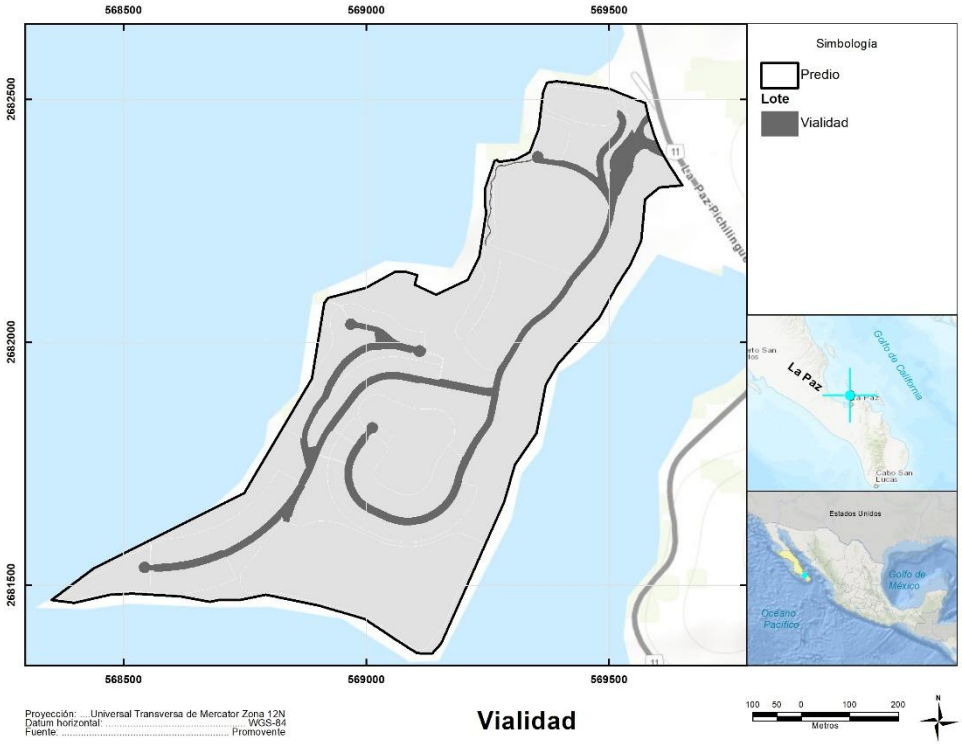


Tabla 2.14 Parámetros aplicables al macrolote con vocación de destino Uso Vialidad

ID	Uso de lote	Zona / Compatibilidad	Superficie del macrolote.		COS (%)	Superficie máxima de construcción		Superficie de áreas libres		Densidad		Niveles o Altura máxima
			m^2	Ha		m^2	Ha	m^2	Ha	Cuartos hoteleros	Viviendas	
Vialidad	Infraestructura	Vialidad	**51,438.64**	**5.14**	100	**51,438.64**	**5.14**	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Subtotal			**51,438.64**	**5.14**		**51,438.64**	**5.14**					

g. **Uso Conservación:** Este macrolote (Figura 2.25) destinado exclusivamente a conservación, abarca una superficie total de 18.31 hectáreas. No está previsto el desarrollo de vivienda o alojamiento, ni la instalación de infraestructura, servicios, vías de comunicación o actividades comerciales. Dado que no posee potencial de aprovechamiento, el área completa será destinada a la preservación de las condicionas naturales del área (Tabla 2.15).

Figura 2.25 Macrolote con vocación de destino Conservación

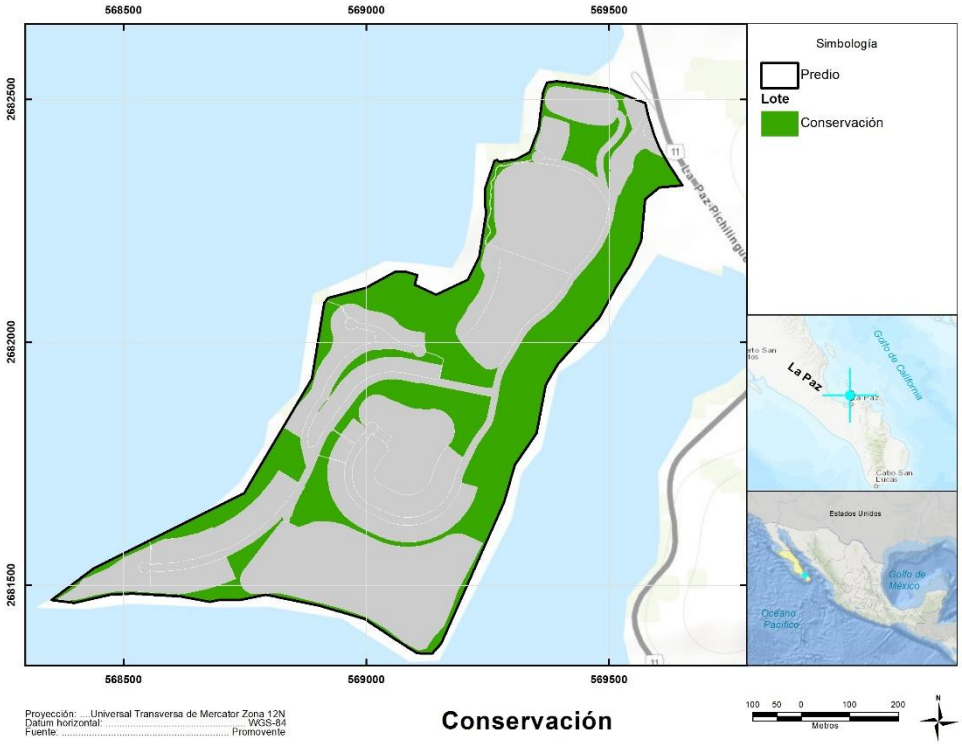


Tabla 2.15 Parámetros aplicables al macrolote con vocación de destino Uso Conservación

ID	Uso de lote	Zona / Compatibilidad	Superficie del macrolote.		COS (%)	Superficie máxima de construcción		Superficie de áreas libres		Densidad		Niveles o Altura máxima
			m^2	Ha		m^2	Ha	m^2	Ha	Cuartos hoteleros	Viviendas	
Conservación	Conservación	Conservación	**183,122.15**	18.31	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Subtotal			**183,122.15**	**18.31**								

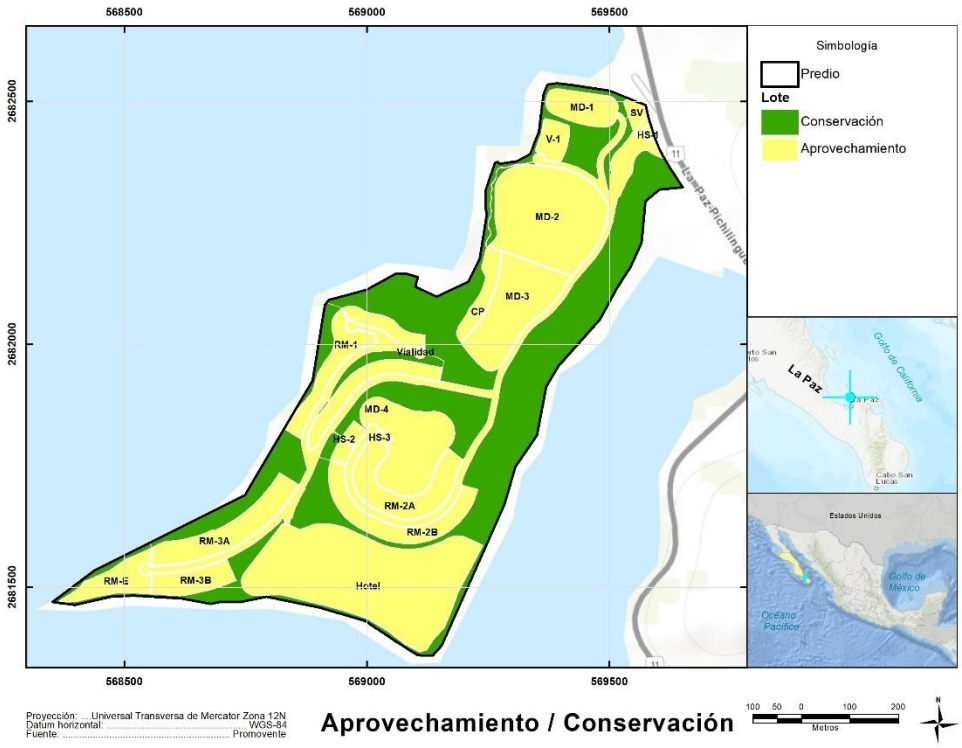
Con base en lo anterior, se determina que, el Plan Maestro del Proyecto PLP mantendrá una **superficie de conservación de 18.31 ha**, equivalentes al 35.17% del predio, es decir, que se mantendrán sus condiciones naturales y no presentará afectaciones antrópicas derivadas de la implementación del Proyecto.

Mientras que **33.74 ha del predio se utilizarán para su aprovechamiento** (64.83% del total del lote) de las cuales solo **16.82 ha corresponden a superficies no permeables (COS = 32.31)**; en donde se podrán desarrollar hasta 200 cuartos hoteleros y 215 viviendas por etapas durante un periodo aproximado de 15 años, dejando **16.93 ha como áreas verdes**.

En consecuencia, la **superficie total de áreas permeables** se compone de la suma de 18.31 hectáreas destinadas a conservación y 16.93 hectáreas de áreas permeables (áreas verdes, andadores, entre otros) alcanzando un total de **35.24 hectáreas**, lo que representa un **CAS 67.69%**.

En la Figura 2.26 se presenta la distribución de las superficies de aprovechamiento y conservación del Proyecto.

Figura 2.26 Superficie de aprovechamiento y superficie de conservación del Proyecto Punta La Paz.



En la siguiente Tabla se presentan los parámetros y superficies correspondientes a cada vocación de uso dentro del proceso de lotificación.

Tabla 2.16 Parámetros aplicables a los macrolotes que conforman la lotificación del proyecto Punta La Paz

ID	Uso del lote	Clasificación	Zona / Compatibilidad	Superficie total del macrolote		COS	Superficie máxima de construcción		CAS	Superficie de áreas libres (m^2 y %)		Densidad		Niveles o Altura máxima*** (m)
				m^2	ha		m2	ha		m^2	ha	Cuartos hoteleros	Viviendas	
RM-1	Residencial	Turístico (TU)	Vivienda Residencial Turístico (H6)	26,751.01	2.68	40%	10,700.41	1.07	60%	16,050.61	1.61	-	34	10.50
RM-2A*	Residencial	Turístico (TU)	Vivienda Residencial Turístico (H6)	16,597.08	1.66	40%	6,638.83	0.66	60%	9,958.25	1.00	-	18	10.50
RM-2B	Residencial	Turístico (TU)	Vivienda Residencial Turístico (H6)	17,592.38	1.76	40%	7,036.95	0.70	60%	10,555.43	1.06	-	22	10.50
RM-3A*	Residencial	Turístico (TU)	Vivienda Residencial Turístico (H6)	16,818.88	1.68	40%	6,727.55	0.67	60%	10,091.33	1.01	-	17	10.50
RM-3B*	Residencial	Turístico (TU)	Vivienda Residencial Turístico (H6)	8,317.01	0.83	40%	3,326.80	0.33	60%	4,990.21	0.50	-	8	10.50
RM-E	Residencial	Turístico (TU)	Vivienda Residencial Turístico (H6)	9,398.31	0.94	40%	3,759.32	0.38	60%	5,638.98	0.56		12	10.50
Subtotal				**95,474.67**	**9.55**		**38,189.87**	**3.82**		**57,284.80**	**5.73**	**-**	**111**	
MD-1	Residencial	Turístico (TU)	Vivienda Residencial Turístico (H6)	9,173.00	0.92	40%	3,669.20	0.37	60%	5,503.80	0.55		11	10.50
MD-2**	Residencial y Hotelero	Turístico (TU)	Alojamiento / Vivienda Residencial Turístico (H6)	41,752.62	4.18	40%	16,701.05	1.67	60%	25,051.57	2.51	100	29	10.50
MD-3	Residencial	Turístico (TU)	Vivienda Residencial Turístico (H6)	25,196.67	2.52	40%	10,078.67	1.01	60%	15,118.00	1.51		32	10.50
MD-4	Residencial	Turístico (TU)	Vivienda Residencial Turístico (H6)	24,624.39	2.46	40%	9,849.76	0.98	60%	14,774.63	1.48		32	10.50
Subtotal				**100,746.67**	**10.07**		**40,298.67**	**4.03**		**60,448.00**	**6.04**	**100.00**	**104.00**	
H1**	Hotel	Turístico (TU)	Alojamiento	74,874.52	7.49	40%	29,949.81	2.99	60%	44,924.71	4.49	100	0	10.50
Subtotal				**74,874.52**	**7.49**		**29,949.81**	**2.99**		**44,924.71**	**4.49**	100	**-**	

ID	Uso del lote	Clasificación	Zona / Compatibilidad	Superficie total del macrolote		COS	Superficie máxima de construcción		CAS	Superficie de áreas libres (m^2 y %)		Densidad		Niveles o Altura
				m^2	ha		m2	ha		m^2	ha	Cuartos hoteleros	Viviendas	máxima*** (m)
V-1	Comercial	Turístico (TU)	Comercio y Servicios	4,747.12	0.47	40%	1,898.85	0.19	**60%**	2,848.27	0.28			
CP	Amenidad	Turístico (TU)	Comercio y servicios	6,255.59	0.63	40%	2,502.24	0.25	**60%**	3,753.36	0.38			
Subtotal				**11,002.71**	**1.10**		**4,401.09**	**0.44**		**6,601.63**	**0.66**	-	-	-
SV	Infraestructura	Turístico (TU)	Equipamiento e infraestructura	2,094.77	0.21	100%	2,094.77	0.21		0	0%			
HS-1	Infraestructura	Turístico (TU)	Equipamiento e infraestructura	577.46	0.06	100%	577.46	0.06		0	0%			
HS-2	Infraestructura	Turístico (TU)	Equipamiento e infraestructura	551.24	0.06	100%	551.24	0.06		0	0%			
HS-3	Infraestructura	Turístico (TU)	Equipamiento e infraestructura	649.90	0.06	100%	649.90	0.06		0	0%			
Subtotal				**3,873.37**	**0.39**		**3,873.37**	**0.39**		-	-	-	-	-
VIALIDAD	Infraestructura	Turístico (TU)	Vialidad	51,438.64	5.14	100	51,438.64	5.14		0	0%			
Subtotal				**51,438.64**	**5.14**		**51,438.64**	**5.14**						
CONSERVACIÓN	Conservación	Forestal	Conservación	183,122.15	18.31	0%	-	-	100%	183,122.15	18.31			
Subtotal				**183,122.15**	**18.31**					**183,122.15**	**18.31**	-	-	-
Total, General				**520,532.73**	**52.05**		**168,151.43**	**16.82**		**352,381.30**	**35.24**	**200.00**	**215.00**	

* En los lotes RM-2A, RM-3A y RM-3B se propone una densidad inferior a la establecida en la normativa vigente de uso de suelo.

**En los hoteles, aunque la normativa de uso de suelo autoriza densidades de hasta aproximadamente 400 habitaciones, el proyecto prevé únicamente establecimientos de 100 habitaciones, lo que contribuye a reducir la demanda de servicios.

***Aunque la normativa de uso de suelo permite una altura máxima de 6 niveles (21 m) para todo el proyecto, la propuesta contempla edificaciones con alturas máximas de 3 niveles (10.5 m).

2.4.6. Descripción de obras y actividades temporales

El Proyecto pretende la construcción y operación de obras dentro de los macrolotes con vocación de uso Residencial, Vialidad y Equipamiento e infraestructura, en total acuerdo con los usos de suelo definidos.

Por su tipo de ejecución, las obras se pueden clasificar en dos categorías:

i. La primer categoría engloba a aquellos conceptos del Proyecto de los cuales se cuenta con los proyectos definitivos de obra, mismos que se describen más adelante, y que corresponden a:

   a. Vialidades

   b. Servicios generales

   La superficie destinada a estas obras abarcará 5.53 hectáreas, lo que equivale al 16.39% del aprovechamiento total previsto para el Proyecto (33.74 ha). De este total, 16.82 ha corresponden a áreas no permeables. Las obras se ejecutarán en los macrolotes destinados a equipamiento e infraestructura (**SV, HS-1, HS-2 y HS-3**), así como el lote denominado **vialidad;** debido a sus características, estas construcciones no tienen una densidad asignada.

ii. La segunda categoría incluye a las obras de los Lotes Unifamiliares cuya construcción y operación de infraestructura será sometida a la presentación de Proyectos Particulares (PP) ante el Comité de Construcción del Desarrollo PLP, quien evaluará y verificará que los PP den estricto cumplimiento a los lineamientos establecidos en el Reglamento de Construcción (Anexo 2.1).

   En esta MIA-R se evaluarán cinco macrolotes destinados a uso residencial: **RM-1, RM-2A, RM-2B, RM-3A y RM-3B.**

   El conjunto de estos 5 lotes cuenta con una superficie potencial de aprovechamiento asignada de 8.61 ha y una densidad máxima de 99 viviendas. Esta estrategia se plantea debido al interés del Promovente de garantizar que los desarrolladores de los Lotes se apeguen y comprometan a lo establecido en la presente MIA-R, su autorización y el Régimen de Condominio del Proyecto, principalmente en lo referente a:

   - Respetar las condiciones ambientales del predio.
   - Respetar los lineamiento y restricciones establecidas en el Reglamento de Construcción.
   - Respetar y considerar las estrategias propuestas para acatar lo establecido por los actuales instrumentos regulatorios.
   - Considerar las propuestas ambientales e ingenieriles que los especialistas que participaron en el Proyecto establecieron para el mismo.

- Mantener y cumplir las estrategias establecidas en el Sistema de Gestión y Manejo Sostenible (SGMS) propuesto para el Proyecto (Capítulo 6).

- Cumplir y dar estricto seguimiento a los Términos y Condicionantes que se establezcan en caso de resultar autorizada esta MIA-R.

A continuación, se presentan las superficies de los macrolotes evaluados dentro de esta MIA-R.

Tabla 2.17 Superficies de Aprovechamiento de las obras y actividades sometidas a EIA

Vocación de Uso del lote	Macrolote	Superficie total del macrolote		Superficie máxima de construcción		Superficie área verde		Densidad		Niveles o Altura máxima (m)
		m²	ha	m²	ha	m²	ha	Cuartos hoteleros	Viviendas	
Residencial	RM-1	26,751.01	2.68	10,700.41	1.07	16,050.61	1.61	-	34	10.50
Residencial	RM-2A	16,597.08	1.66	6,638.83	0.66	9,958.25	1.00	-	18	10.50
Residencial	RM-2B	17,592.38	1.76	7,036.95	0.70	10,555.43	1.06	-	22	10.50
Residencial	RM-3A	16,818.88	1.68	6,727.55	0.67	10,091.33	1.01	-	17	10.50
Residencial	RM-3B	8,317.01	0.83	3,326.80	0.33	4,990.21	0.50	-	8	10.50
Subtotal		86,076.36	8.61	34,430.55	3.44	51,645.82	5.16	-	99	
Infraestructura	SV	2,094.77	0.21	2,094.77	0.21	0	0%			
Infraestructura	HS-1	577.46	0.06	577.46	0.06	0	0%			
Infraestructura	HS-2	551.24	0.06	551.24	0.06	0	0%			
Infraestructura	HS-3	649.90	0.06	649.90	0.06	0	0%			
Subtotal		3,873.37	0.39	3,873.37	0.39	-	-	-	-	-
Vialidad	Vialidad	51,438.64	5.14	51,438.64	5.14		0%			
Subtotal		51,438.64	5.14	51,438.64	5.14					
Total		**141,388.37**	**14.14**	**89,742.55**	**8.97**	**51,645.82**	**5.16**	**-**	**99.00**	**-**

2.4.6.1. Caseta de Control de Acceso y Vigilancia

La caseta de control y vigilancia se concibe como el punto estratégico para regular el ingreso al Proyecto, garantizando condiciones óptimas de seguridad y operación. Esta infraestructura estará equipada con espacios funcionales para el personal responsable, así como para el resguardo de equipos, archivos y servicios complementarios, incluyendo sanitarios.

Como parte de su equipamiento adicional, se construirá una cubierta sobre la zona de detención vehicular destinada a las labores de inspección e identificación de vehículos y ocupantes. Esta cubierta contará con dimensiones adecuadas en profundidad y ancho para asegurar la protección de dicha zona frente a la exposición solar directa y a eventos de precipitación.

Entre los elementos técnicos relevantes se incluyen barreras de control de acceso vehicular, tanto de operación manual como automática, que contribuirán a una gestión ágil y segura del flujo de ingreso.

El conjunto formado por la caseta y la cubierta no solo cumple con las funciones operativas de control y vigilancia, sino que además se proyecta como elemento icónico y representativo del acceso al Predio, por lo que su diseño se ha desarrollará bajo criterios de identidad visual.

2.4.6.2. Vialidad primaria

Las vialidades del Proyecto se construirán en estricto cumplimiento con las normas establecidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), adaptándose a la topografía del terreno para garantizar su funcionalidad. A lo largo de todo su recorrido, se implementará una pendiente transversal del -2%, lo que permitirá el drenaje y canalización eficiente del agua pluvial.

De manera complementaria, se construirán canaletas a lo largo del trazado como parte del sistema de drenaje pluvial, junto con taludes diseñados para prevenir la erosión del terreno. Además, se instalarán trampas de grasas estratégicamente ubicadas, con el propósito de evitar la descarga de aguas pluviales contaminadas, contribuyendo así a la preservación del entorno y el cumplimiento de estándares ambientales.

2.4.6.3. Servicios generales

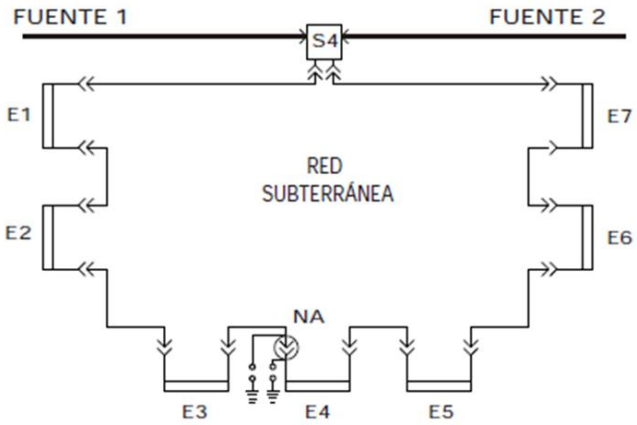
El Proyecto considera dotar de los servicios urbanos requeridos para el óptimo funcionamiento del Desarrollo toda vez que actualmente se carece de ellos, en su conjunto ocuparán una superficie de aprovechamiento de 0.39 ha y se encontrarán distribuidas en los macrolotes denominados SV, HS-1, HS-2, HS-3. A continuación, se presenta detalladamente la descripción de dichas obras de servicio.

2.4.6.3.1. Instalaciones eléctricas

Se prevé la instalación de una red subterránea interior de media tensión en anillo, que recibirá la acometida proveniente de una subestación eléctrica de potencia de la Comisión Federal de Electricidad. En función de la carga estimada del Desarrollo se definirá cuantas acometidas proporcionará CFE.

La red eléctrica interior será responsable de la distribución de energía a todos los puntos del Desarrollo que lo requieran. Para ello, se implementará un circuito principal en anillo que se extenderá a lo largo de la Vialidad Primaria, siguiendo un esquema similar al ilustrado en la Figura 2.27. Su diseño y construcción cumplirán con las normas establecidas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), y, una vez concluida la obra, será transferida a la CFE para su operación y mantenimiento.

Figura 2.27 Esquema de un circuito de distribución de energía eléctrica en anillo



El principio de dicha red en anillo o en bucle cerrado es que, el sistema se alimenta desde dos o más sitios, cerrando un anillo; la gran ventaja es que, ante una avería de un equipo, el usuario seguirá recibiendo alimentación eléctrica desde el otro lado del anillo, es decir que, se garantiza la mejor continuidad del servicio, confiabilidad y flexibilidad.

La(s) alimentación(es) de acometida llegarán a un seccionador principal de potencia tipo pedestal con tecnología SF_6, con especificaciones de 13.2 kV, 3 fases, 4 hilos, a 60 Hz. Este seccionador se localizará en el acceso principal del Desarrollo y contará con seis vías: dos vías de entrada con capacidad de 600 A y cuatro vías de salida también de 600 A, estas últimas con protección electrónica. Dos de las salidas estarán destinadas a la conformación inicial del anillo de distribución, interconectando los seccionadores ubicados en la entrada de los distintos macrolotes del Proyecto. Dichos macrolotes se distribuyen de la siguiente forma: 9 macrolotes residenciales, 1 macrolote mixto, 1 macrolote hotelero, 2 macrolotes de comercio y servicios, 4 macrolotes de equipamiento e infraestructura, y 1 macrolote de vialidad; excluyendo el macrolote destinado a conservación.

Al interior de los macrolotes para uso Residencial se contará con redes secundarias de media tensión, que partirán del seccionador localizado a pie de macrolote haciendo un anillo secundario que interconectará transformadores de tipo pedestal y/o sumergible (dependiendo su ubicación) que, a su vez, en baja tensión alimentarán los núcleos o concentraciones de medidores de los diferentes lotes residenciales

Para el caso del resto de los macrolotes, a partir de sus propios seccionadores se alimentará en forma radial a las subestaciones particulares de cada uno de los usuarios.

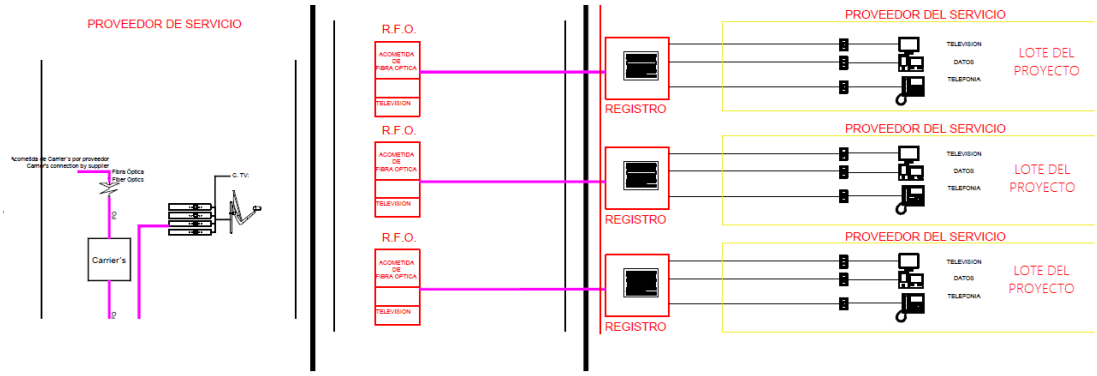
Se han previsto a lo largo de la red eléctrica en anillo, algunos transformadores tipo pedestal para el abastecimiento de energía eléctrica de áreas comunes y de servicios del desarrollo,

tales como la planta de tratamiento de agua residuales, estaciones de rebombeo, planta de ósmosis inversa, entre otros.

2.4.6.3.2. Instalaciones de telecomunicaciones

Se prevé la instalación de una red de alimentación, distribución y dispersión de los servicios de telecomunicaciones, su diseño se desarrolló de una forma versátil de tal modo que se adapte a las diferentes necesidades del Proyecto (Figura 2.28).

Figura 2.28 Esquema de las instalaciones de telecomunicaciones.



- *Red de Alimentación (Acometida)*. – Esta infraestructura permitirá la recepción de los servicios de telecomunicaciones suministrados por proveedores externos y su distribución dentro del Proyecto. Para ello, se instalarán registros tanto en el exterior como en el interior del predio. Asimismo, la promovente incorporará un registro adicional que facilitará la conexión con el punto de alimentación exterior. La comunicación entre el registro exterior y los internos se realizará mediante tuberías diseñadas con la capacidad adecuada para el manejo de diversos tipos de cableado, como cable multipar, coaxial y/o fibra óptica, garantizando así el suministro de servicios a los diferentes lotes del Proyecto.

- *Red de Distribución*. – En diversos puntos del Proyecto se instalarán registros encargados de recibir los servicios provenientes de la red de alimentación, los cuales estarán interconectados a través de tuberías; A lo largo de esta red, se incorporarán registros diseñados para facilitar el cableado, cumpliendo con las normativas establecidas. Además, en cada lote se colocarán registros con las instalaciones de telecomunicaciones preparadas, permitiendo que, posteriormente, cada propietario pueda contratar los servicios que requiera.

- *Red de Dispersión*. – Esta red corresponde al sistema de cableado, incluye todos los cables, conectores, repartidores, registros, y demás necesarios que, permitirá la transmisión de las señales de voz, datos, telemáticos y de control.

La tubería requerida para la red de telecomunicaciones se colocará en las bermas de las vialidades, la red de telecomunicaciones será operada y mantenida por los proveedores de servicios contratados por cada particular.

El Diseño, instalación, equipo y selección de materiales deberán sujetarse a las especificaciones establecidas en la norma NOM-001-SEDE-2012, al reglamento de construcción del Estado y a las Normas y lineamientos de la Dirección de Obras.

2.4.6.3.3. Instalaciones hidráulicas

Dadas las condiciones del acuífero administrativo La Paz (0324), el cual presenta un déficit de -13,488,404 m³ según Conagua, no es posible otorgar nuevas concesiones de agua subterránea. Cabe destacar que el volumen total del acuífero no distingue la calidad del agua e incluye el almacenamiento de agua salina procedente de la intrusión marina. Se ha determinado que esta intrusión ocurre de manera natural en la porción sur del predio, debido a la facilidad geológico-estructural generada por el fracturamiento de las rocas de Punta Colorada.

Dado que la opción de suministro y descarga basada en agua subterránea no cumple con los criterios técnico-normativos del proyecto, se propone como alternativa la implementación de un sistema de captación de agua de mar para desalinización, con descarga controlada de salmuera al mismo cuerpo de agua.

Para atender la demanda máxima del proyecto, se requerirá un suministro de 7.18 litros por segundo (620.35 m³/día). Sin embargo, considerando una ocupación promedio estimada del 60%, el consumo medio de agua potable será de 4.31 litros por segundo (372.38 m³/día).

Además, el proyecto contempla el reuso de agua tratada por la PTAR con el propósito de reducir el consumo de agua potable generada por la PDOI en un volumen de 1.29 litros por segundo (111.46 m³/día).

Por lo tanto, el requerimiento neto de agua potable, tomando en cuenta el aporte de aguas de reúso y una ocupación del 60%, será de 3.01 litros por segundo (260.06 m³/día).

Por lo anterior, se plantea la construcción de un sistema integral de abastecimiento de agua potable para todo el proyecto. Su funcionamiento iniciará en la zona marina, donde se llevará a cabo la extracción de agua, la cual será conducida a una planta desalinizadora. A través de un proceso de bombeo y filtrado, se garantizará que el agua obtenida cumpla con los estándares de calidad para uso y consumo humano (NOM-127-SSA1-1994). Posteriormente, el agua potable será almacenada en tanques para su distribución.

Cada lote contará con un cuadro de válvulas encargado de recibir y suministrar la dotación de agua potable necesaria para satisfacer su demanda.

De acuerdo con los resultados del estudio de caracterización hidrológica e hidrogeológica (Anexo 4.1) realizado para el Proyecto Punta La Paz, se determinó que la extracción de agua marina será indispensable para el abastecimiento del Proyecto, ya que la disponibilidad de agua subterránea del acuífero resulta insuficiente.

Adicionalmente, el proyecto se desarrollará a lo largo de 4 etapas (Figura 2.29), por lo que **en un horizonte de 10 años (2035) solamente se requerirá el 62% del volumen estimado**, es decir 1.87 [lps] (equivalente a 161.84 [m3/día]).

El plan maestro Punta La Paz, se desarrollará paulatinamente, considerando 4 etapas de ejecución. En un horizonte de 15 años, desde el inicio de sus construcciones a la puesta en

marcha del proyecto en su totalidad. A continuación, se presentan los consumos promedio proyectados por etapa.

Figura 2.29 Consumos promedio por etapas

	Lotes	Q Demandado [lps]	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Etapa 1	Lotes unifamiliares 1	0.33	0.33												
	MD-2 Vivienda	0.20			0.20										
	MD-2 Hotel	1.04				1.04									
	V-1	0.26		0.26											
	CP	0.14				0.14									
Etapa 2	Lotes unifamiliares 2A	0.18					0.18								
	Lotes unifamiliares 2B	0.22						0.22							
	MD-3 Vivienda	0.22							0.22						
Etapa 3	MD-1 Vivienda	0.08								0.08					
	MD-4 Vivienda	0.22									0.22				
Etpa 4	Lotes unifamiliares 3A	0.17										0.17			
	Lotes unifamiliares 3B	0.08											0.08		
	Lotes RM-E	0.12												0.12	
	Hotel	1.04													1.04
		4.31	0.33	0.26	0.20	1.18	0.18	0.22	0.22	0.08	0.22	0.17	0.08	0.12	1.04

Acumulado [lps]	0.33	0.60	0.80	1.98	2.16	2.37	2.60	2.68	2.90	3.07	3.15	3.26	**4.31**
Aguas tratadas [lps]	0.10	0.18	0.24	0.59	0.65	0.71	0.78	0.80	0.87	0.92	0.94	0.98	1.29
Consumo A.P. [lps]	**0.23**	**0.42**	**0.56**	**1.39**	**1.51**	**1.66**	**1.82**	**1.87**	**2.03**	**2.15**	**2.20**	**2.28**	**3.01**

Acumulado [m3]	28.85	51.63	69.21	171.21	186.48	205.14	224.53	231.20	250.59	265.01	271.80	281.98	**371.98**
Aguas tratadas [m3]	8.65	15.49	20.76	51.36	55.94	61.54	67.36	69.36	75.18	79.50	81.54	84.59	111.59
Consumo A.P. [m3]	**20.19**	**36.14**	**48.44**	**119.84**	**130.53**	**143.60**	**157.17**	**161.84**	**175.41**	**185.51**	**190.26**	**197.39**	**260.39**

Para las actividades de preparación y construcción, el suministro de agua será proporcionado mediante pipas, mientras que en la fase de edificación se empleará agua potable generada por la PDOI, cuya puesta en marcha será una de las primeras acciones del Proyecto.

La red de distribución de agua potable que, tiene sus inicios en el cuarto de bombeos y tren de filtrado y que termina en los cuadros de válvulas colocados a pie de los lotes, estará conformada por tuberías plásticas de polietileno de alta densidad marca Extrupak o similar que deberá cumplir con la norma NMX-E-018-CNCP para agua potable, el diámetro de la tubería variará dependiendo del gasto diario requerido para cada punto de descarga.

En el Anexo 2.2 se incorpora la ficha técnica y la descripción del proceso de tratamiento realizado en la PDOI.

2.4.6.3.4. Instalaciones hidrosanitarias

El Proyecto contará con una red de tuberías que captará el agua residual proveniente de todos los lotes y la conducirá por gravedad hasta una planta de tratamiento (PTAR) diseñada especialmente para la demanda del Proyecto. El agua tratada será utilizada para el riego de las áreas verdes del Proyecto, limpieza de áreas comunes, descarga del inodoro.

La conducción de las aguas residuales se realizará de una manera eficiente y sencilla, siguiendo la pendiente natural del terreno y, en los casos donde este sea plano, se mantendrá una pendiente mínima de 1%. Esta medida reducirá significativamente el uso de energía eléctrica o combustible que se podría requerir para el bombeo.

Se utilizará tubería plástica ADS marca Sanipro o similar para la conducción de las aguas residuales, que cumpla con la norma NMX-E-241-CNCP-2013. Esta se colocará preferentemente en las bermas de las vialidades, sin embargo, se considera la apertura de zanjas (pueden ser las mismas abiertas para la red hidráulica) en los tramos donde el trazo de la red sea independiente al de las vialidades.

Toda el agua residual del Proyecto será canalizada a la PTAR, ubicada en el macrolote SV, la cual contará con los requerimientos necesarios para el cumplimiento de las normas vigentes.. En el Anexo 2.2 se incorpora la ficha técnica y la descripción del proceso de tratamiento realizado en la PTAR.

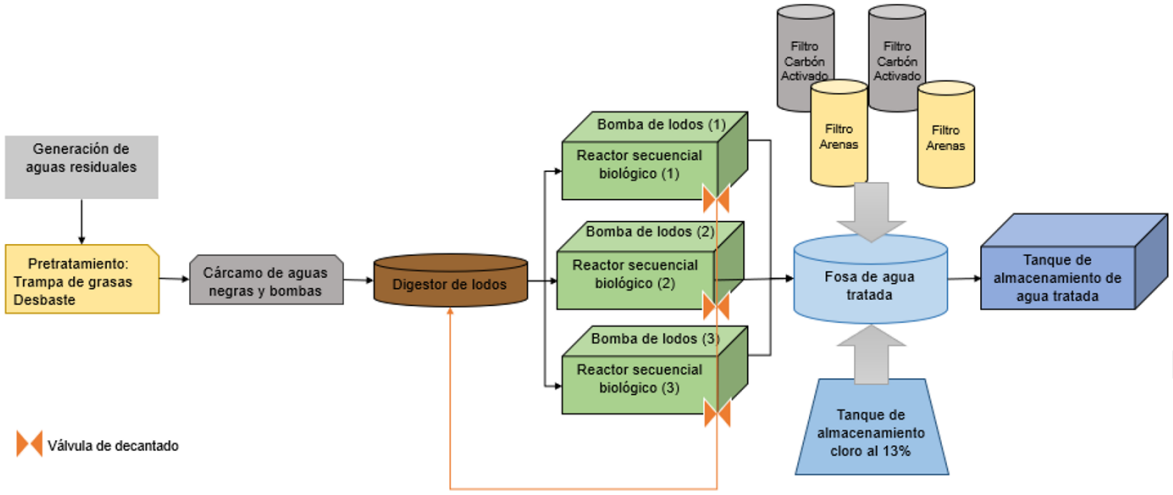
La PTAR se diseñó considerando que la calidad del agua tratada cuente con una calidad que permita su reúso en actividad que requieran contacto directo, es decir, que pudiera ser utilizada en el riego de áreas verdes; lavado de instalaciones, vehículos, descarga de inodoros, y otras actividades autorizadas según la NOM-003-SEMARNAT-1997[1].

Con base en lo anterior, se considera para el Proyecto una PTAR modular con sistema SBR de tipo biológico mediante un proceso de lodos activados con aireación extendida, tratamiento terciario mediante filtros de arena y de carbón activado y desinfección por medio de cloración (Figura 2.30).

Al ser modular, cuenta con tres reactores paralelos que pueden operar de manera independiente. Otra ventaja que presenta esta planta es que, al utilizar procesos naturales de digestión aerobia no generará malos olores, además de que no requiere productos químicos para su proceso por lo que no se generarán lodos tóxicos. Los lodos que se generen deberán ser estabilizados en el digestor de lodos previo a su disposición.

[1] NOM-003-SEMARNAT-1997 “Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicio al público.”

Figura 2.30 Diagrama general del tren de tratamiento de la PTAR del Proyecto.



El agua tratada, conforme a la calidad establecida en la NOM-003-SEMARNAT-1997, será almacenada en un tanque, cuyas dimensiones (largo, ancho y altura) y capacidad de almacenamiento serán definidas según los requerimientos del proyecto.

La distribución del agua tratada se realizará mediante una red hidrosanitaria, abasteciendo los diferentes macrolotes y lotes del proyecto. Dependiendo de las condiciones operativas y de diseño, algunos sectores recibirán el suministro por gravedad desde el tanque de almacenamiento, mientras que otros requerirán apoyo mediante un sistema de bombeo. La selección del método de distribución se establecerá con base en las necesidades específicas del proyecto y sus condiciones técnicas.

A pie de cada lote se dejará preparada una caja de válvulas, para que los diferentes propietarios utilicen el agua tratada para riego, actividades de limpieza, descarga de sanitarios, etc. Los lodos provenientes del proceso biológico de la PTAR serán estabilizados y podrán ser aprovechados para el mejoramiento de las áreas verdes y de reforestación del Proyecto en cumplimiento con los límites y especificaciones establecidos en la NOM-004-SEMARNAT-2002[2].

2.4.6.4. Lotes particulares

Se contarán con lotes de tipo residencial que serán sujetos a un proceso de compra/venta y cuyo desarrollo por los propietarios particulares estará regulador por un Régimen Condominal.

Los lotes particulares destinados a uso residencial comprenden un total de 99 unidades, distribuidas en los macrolotes denominados RM-1, RM-2A, RM-2B, RM-3A y RM-3B. En conjunto, estos lotes abarcan una superficie total de 8.61 hectáreas, de las cuales 5.16 hectáreas serán destinadas a áreas permeables, mientras que las 3.44 hectáreas restantes permitirán el desarrollo de hasta 99 viviendas (áreas no permeables).

[2] NOM-004-SEMARNAT-2002 “Protección ambiental. – Lodos y biosólidos. – Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su uso y aprovechamiento y disposición final.”

Es importante destacar que, aunque el 100% de la superficie de los lotes ha sido asignada para su aprovechamiento, el 60% del área destinada a uso residencial consistirá en espacios abiertos, permeables y sin techo, tales como jardines. En este sentido, se subraya que no se han llevado al límite las densidades ni las intensidades de construcción, garantizando un equilibrio entre el desarrollo habitacional y la preservación de espacios abiertos.

El diseño de las obras al interior de los lotes particulares se deberá apegar a los criterios urbanos y ambientales establecidos en el Reglamento de Construcción del Régimen de Condominio, el cual considera las estrategias establecidas en el Sistema de Gestión y Manejo Ambiental (SGMA) propuesto para el Proyecto (Capítulo 6) para prevenir y mitigar los impactos ambientales que se podrían producir por la implementación de las obras.

La construcción y operación de infraestructura en cada lote se someterá a la presentación de Proyectos Particulares ante el Comité de Construcción del Proyecto Inmobiliario Punta La Paz (en adelante El Comité) quien se encargará de verificar, evaluar y en su caso autorizar la ejecución de los proyectos particulares. Una vez autorizados los Proyecto Particulares por el Comité, se dará aviso a la DGIRA.

Los Proyectos Particulares deberán asegurar su cumplimiento con los parámetros urbanos establecidos para los lotes, tales como COS, CUS, niveles, números de cuartos o vivienda, demás restricciones para la construcción. Los propietarios de los lotes estarán obligados a dar cumplimiento a todas las medidas decretadas en los términos y condicionantes del oficio resolutivo resultante de la presente MIA-R en caso de resultar autorizado. En la Tabla 2.18 se indican los parámetros urbanos a los cuales se deberán apegar los Proyectos Particulares por tipo de lote.

En la Tabla 2.18 se enlistan obras y actividades que se consideran podrán ser construidas en los Lotes Particulares del Proyecto. Se debe señalar que estas se presentan de manera indicativa más no limitativa; en caso de que se requiera de la implementación de una obra diferentes a las aquí enlistadas, se podrá someter a consideración del Comité quien podrá aprobar su construcción y operación siempre que demuestre su cumplimiento con los parámetros de construcción contemplados para cada lote.

A continuación, se describen las especificaciones de lote de acuerdo con la Vocación de Uso asignada.

Tabla 2.18 Restricciones de construcción de cada Lote Particular.

Macrolote	Lotes	Sup. Total		COS		CAS		CUS	Vivienda	Altura máxima (m)	Restricciones		
		ha	%*	ha	%	ha	%				Frontal (m)	Posterior (m)	Lateral (m)
RM-1	34	2.68	31	1.07	40	1.61	60	0.8	34	10.5m	5	5.5	2
RM-2A	18	1.66	19	0.66	40	1.00	60	0.8	18	10.5m	5	5.5	2
RM-2B	22	1.76	20	0.70	40	1.06	60	0.8	22	10.5m	5	5.5	2
RM-3A	17	1.68	20	0.67	40	1.01	60	0.8	17	10.5m	5	5.5	2
RM.3B	8	0.83	10	0.33	40	0.50	60	0.8	8	10.5m	5	5.5	2
TOTAL		**8.61**	**100**	**3.44**		**5.16**			**99**				

*% respecto al total de superficie de la sumatoria de los lotes con vocación de uso residencial sometidos en la presente evaluación de impacto ambiental.

Tabla 2.19 Restricciones de construcción de cada Lote Particular.

Obra / Actividad	Recreativas	De vivienda	De conservación	Administrativas
Trazo sobre el terreno	x	x		
Desmonte del terreno	x	x		
Despalme del terreno	x	x		
Compactación del terreno	x	x		
Relleno y nivelación del terreno	x	x		
Cimentación de infraestructura	x	x		
Construcción de obra civil	x	x		
Albercas	x	x		
Áreas verdes	x			
Áreas verdes, plazas y jardines	x	x		
Cabañas		x		
Habitación unifamiliar		x		
Oficinas en general				x

En las Figura 2.31 a la Figura 2.34 se exhiben los cortes tipo longitudinal y transversal de planta y de los diseños considerados para cada tipo de unidad residencial.

Figura 2.31 Corte vertical del plano arquitectónico tipo de las unidades unifamiliares del Proyecto

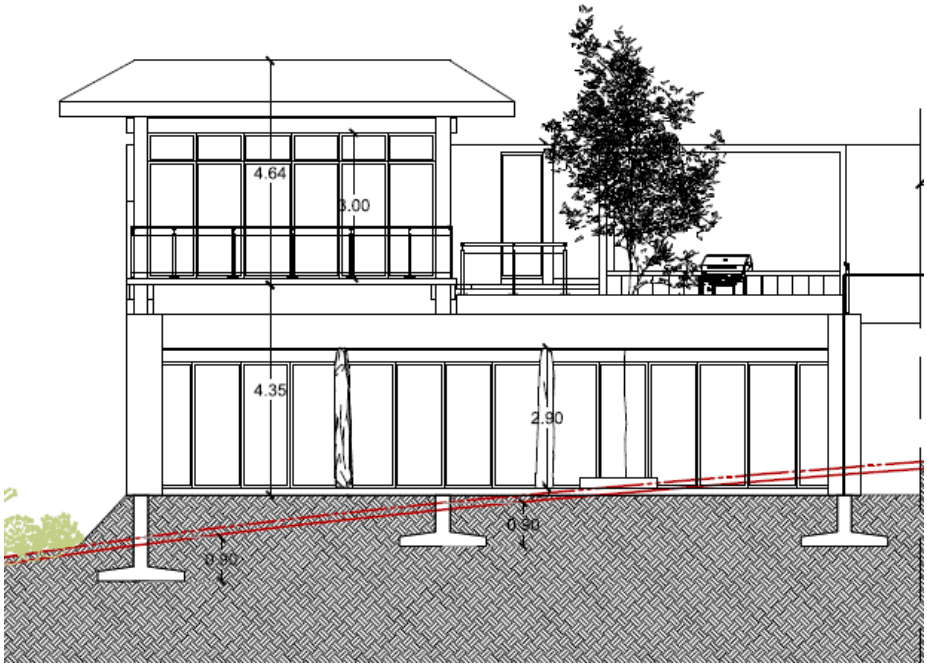


Figura 2.32 Corte vertical del plano arquitectónico tipo de las unidades unifamiliares del Proyecto

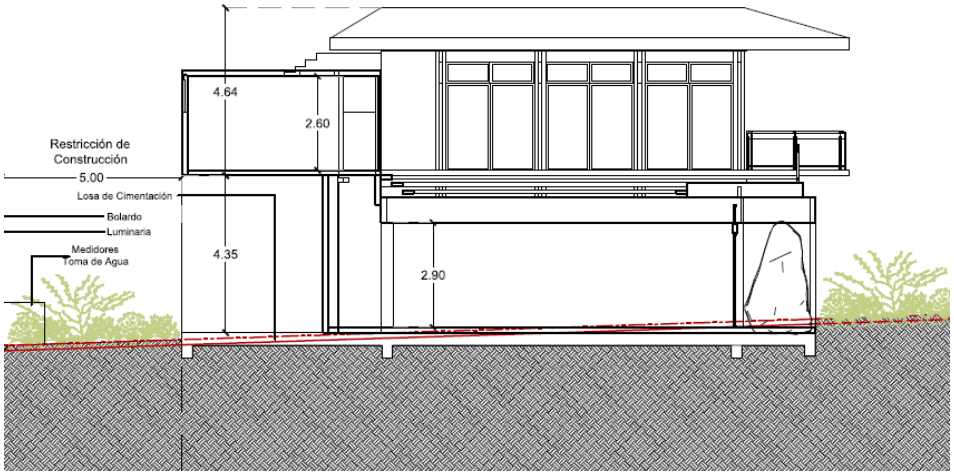


Figura 2.33 Corte vertical del plano arquitectónico tipo de las unidades unifamiliares del Proyecto

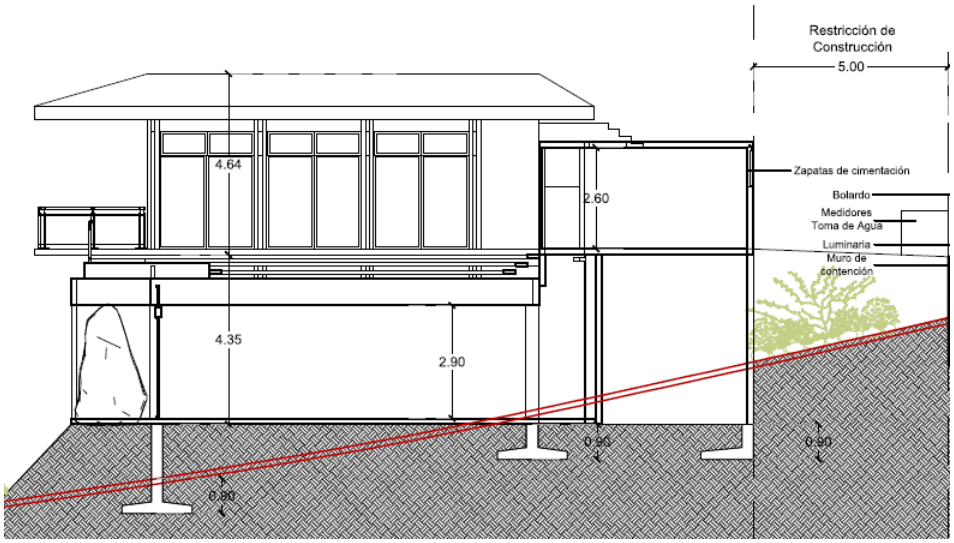
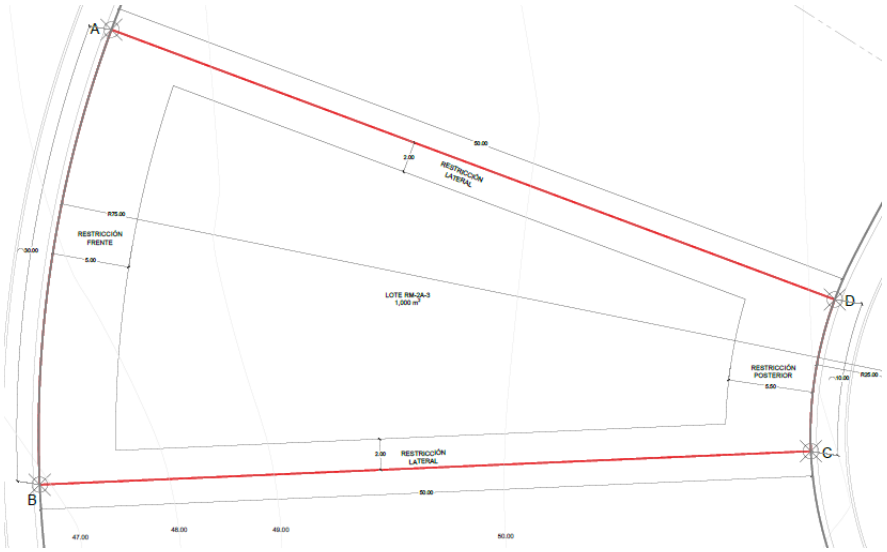


Figura 2.34 Ejemplificación de la huella de ocupación y restricciones de las viviendas unifamiliares



LOTE	C.O.S	C.U.S	C.A.S	ALTURAS MAXIMAS	RESTRICCIÓN			ESTACIONAMIENTO
				PISOS	FRENTE	POSTERIOR	LATERAL	
RM-2A-3	0.40	0.80	0.60	2	5	5.5	2	2

2.4.6.5. Obras y actividades provisionales

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del Proyecto se requerirá de instalaciones y obras adicionales de carácter provisorio, necesarias para dar soporte a las actividades propias de la ejecución de la obra. Estas obras se ubicarán en áreas previstas para su aprovechamiento permanente las cuales se irán reubicando acorde al frente de trabajo, evitando con ello perturbar las áreas de conservación; Las obras y actividades provisionales que se instalarán en cada frente de trabajo para la ejecución del Proyecto son las siguientes:

Caseta de control y Vigilancia

En el lote HS-1 donde se ubicará la entrada principal del predio se construirá una caseta provisional de control y vigilancia donde tendrá su base el personal encargado del control de accesos al proyecto y el servicio de vigilancia de las obras.

Campamento de Constructoras

El proyecto considera un área específica para la instalación del campamento de las empresas constructoras, donde se contemplan obras y servicios de apoyo para las obras de urbanización y lotificación, tales como:

- Oficinas administrativas y de obra móvil. – Se contará con remolques equipados con aire acondicionado y baños, que serán rentados a una empresa especializada. Se ubicarán en sitios estratégicos sobre áreas de aprovechamiento y se reubicarán de acuerdo con el avance de la obra y las necesidades de los residentes.

- Comedor.- Se espera que la totalidad de los trabajadores se transporte de los poblados cercanos por lo que no se requerirá de un área para la pernocta de los trabajadores. Se contará con un comedor construido con materiales de fácil montaje y desmontaje que contará con las condiciones de seguridad e higiene adecuadas.

  Estarán ubicados cerca de cada frente de trabajo o bien donde se concentre el mayor número de trabajadores. El comedor será aseado diariamente y contará con recipientes herméticos diferenciados para el acopio de desechos orgánicos e inorgánicos reciclables y no reciclables.

- Sanitarios. – Se instalarán baños portátiles tipo (SANIRENT), con una proporción de uno por cada 25 trabajadores, con el objetivo de prevenir el fecalismo al aire libre. Estos módulos individuales, fabricados en fibra de vidrio, contarán con ventilación adecuada y un tanque colector en la base. Su suministro y mantenimiento estarán a cargo de una empresa especializada de la región; Los sanitarios se ubicarán estratégicamente para facilitar el acceso de los trabajadores y estarán equipados con lo necesario, incluyendo papel higiénico, descarga automática de agua y conexión al tanque colector. El número de unidades se ajustará de acuerdo con la cantidad de trabajadores en el Proyecto. El mantenimiento y reemplazo de los sanitarios será responsabilidad de una empresa especializada, la cual estará regulada por la autoridad ambiental correspondiente. Dichos sanitarios deberán recibir mantenimiento periódico de manera obligatoria para garantizar su adecuado funcionamiento y condiciones higiénicas.

Figura 2.35 Ejemplo de un sanitario portátil.



- Patio de maniobras y materiales. - Se dispondrá de áreas distribuidas estratégicamente en los macrolotes conforme se vayan desarrollando, estos espacios permitirán el aparcamiento de maquinaria, acopio de materiales y reparaciones menores de equipo, optimizando la eficiencia operativa según los requerimientos específicos de cada contratista y macrolote; Cada patio contará con una cubierta de concreto con el espesor definido en proyecto, una guarnición perimetral para contener derrames accidentales y evitar la infiltración de contaminantes al subsuelo.

- Bodegas. – Se contempla la construcción de bodegas provisionales por frente de obra de 30 x 40 m , para el almacén de materiales y maquinaria. Las bodegas se levantarán sobre una base de 20 cm de tapetate o material del sitio y un firme de concreto de 5 cm. La estructura de los almacenes será a base de columnas, muros y techumbre de lámina galvanizada acanalada o lámina pintro acanalada atornillada para ser desmanteladas fácilmente cuando termine la obra y poder darles un segundo uso. También se consideran bodegas a base de polines y fajillas de madera y lámina de cartón asfaltado como techumbre.

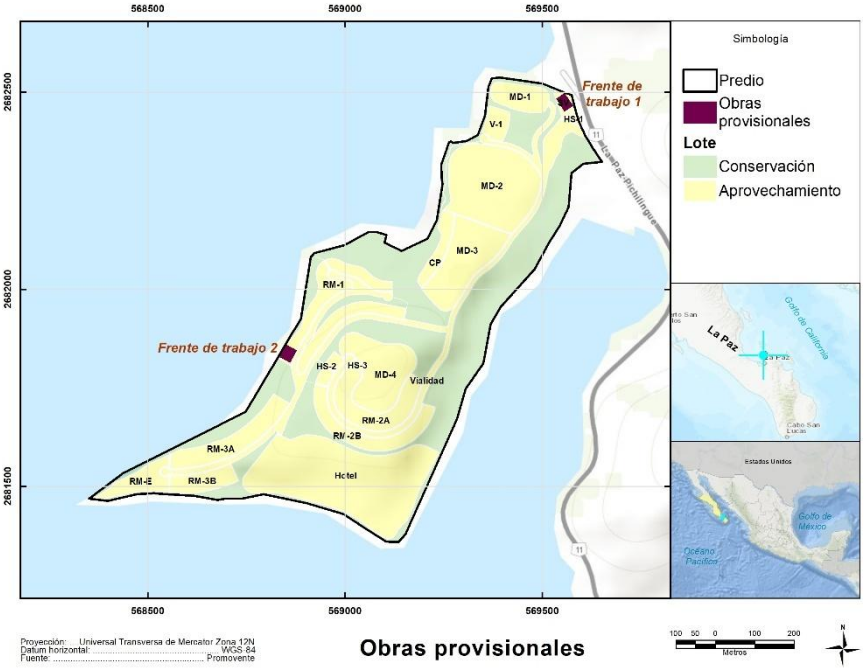
- Almacenes de residuos. – No se considera el almacenamiento de combustibles ni aceites ya que, el suministro a la maquinaria se realizará diariamente por medio de una camioneta propiedad de la empresa. El combustible se transportará en tambos de 200L. Sin embargo, se espera la generación de baterías, grasas, aceites, y estopas impregnadas con estos como parte del mantenimiento o reparaciones menores a la maquinaria. Por lo que se prevé la instalación de un almacenamiento temporal para estos residuos que se generen durante las etapas de preparación y construcción, el cual deberá cumplir con las características señaladas en el Reglamento de la LGPGIR, ubicándose de manera cercana a las posibles fuentes de generación (áreas de servicios y mantenimiento, sitios de recarga de combustibles y, reparación y mantenimiento de maquinaria pesada) (Capítulo 6). Los residuos deberán ser manejados por una empresa acreditada para tal fin.

  También se contará con un almacén para el acopio temporal de residuos sólidos urbanos, en donde serán clasificados en reciclables y no reciclables para, posteriormente, ser transferidos ya sea por una empresa acreditada para el reciclaje de los residuos o bien al relleno sanitario autorizado; Los almacenes se encontrarán

sobre una plataforma de firme de concreto impermeabilizado, para evitar la contaminación del suelo.

Áreas de aprovechamiento temporal para la colocación de las instalaciones provisionales para la preparación y construcción del Proyecto.

Figura 2.36 Ubicación de obras provisionales



2.5. PROGRAMA DE TRABAJO

El Proyecto Punta La Paz está diseñado para desarrollarse a lo largo de un periodo total de 99 años. De este plazo, se contempla un periodo de 15 años para la fase de construcción, el cual incluye el tiempo requerido para la obtención de permisos y licencias, así como para la compraventa de lotes particulares y su edificación correspondiente.

El desarrollo de las obras, **conforme a los alcances establecidos en esta Manifestación de Impacto Ambiental** en su modalidad Regional (MIA-R), se ha estructurado en cinco fases. La primera de ellas, denominada **etapa preliminar**, comprende la ejecución de obras y actividades iniciales en los macrolotes SV, HS-1, HS-2, HS-3, así como en la infraestructura vial principal.

Las cuatro fases subsecuentes abarcarán el desarrollo progresivo de los macrolotes RM-1, RM 2-A, RM 2-B, RM 3-A y RM 3-B, conforme a la programación establecida.

La etapa de operación del Proyecto se extenderá durante los 99 años de vigencia, durante los cuales se llevarán a cabo procesos de mantenimiento de manera regular, con el fin de garantizar la funcionalidad, seguridad y sostenibilidad de la infraestructura y servicios implementados.

La Tabla 2.20 presenta el Programa General de Trabajo para la consolidación integral del Proyecto.

Figura 2.37 Obras a ejecutarse durante la Etapa preliminar del proyecto sometido a EIA.

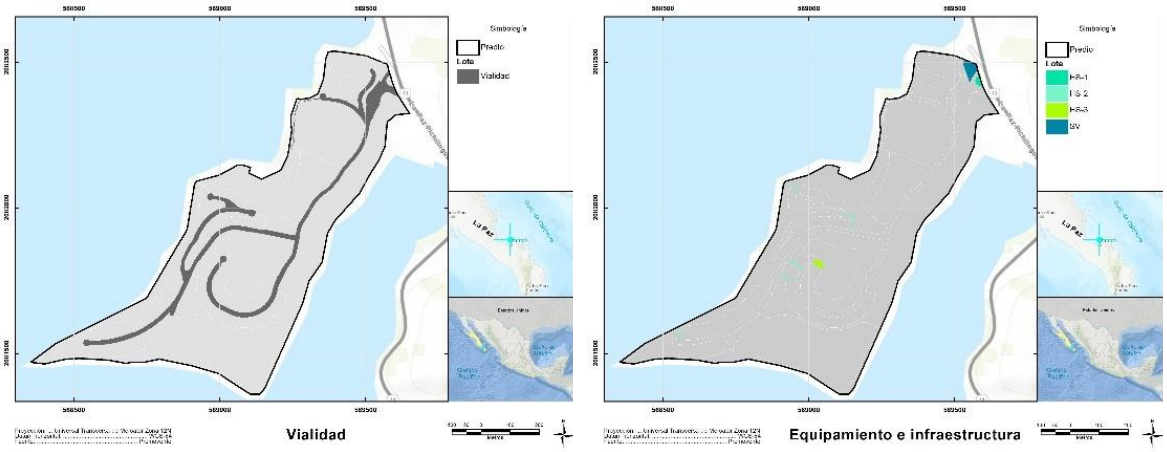


Figura 2.38 Obras a ejecutarse durante la Etapa 2 del Proyecto sometido a EIA

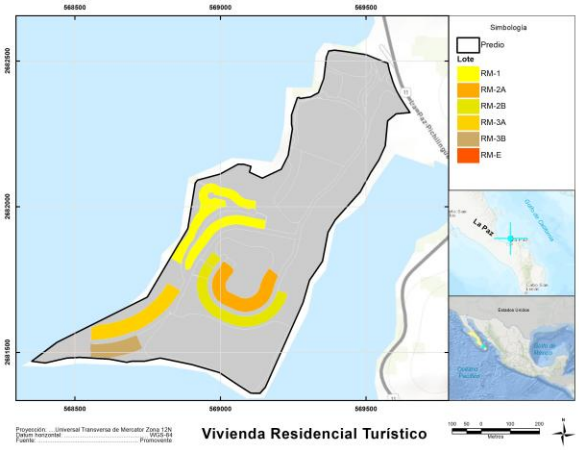


Tabla 2.20 Programa General de Trabajo del Proyecto

CRONOGRAMA DE OBRA DEL PROYECTO EN MÁXIMO DESARROLLO

	ETAPAS	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Vialidades	Preliminares															
Servicios Generales																
Lotes unifamiliares RM-1	Etapa 1															
MD-2 Vivienda																
MD-2 Hotel																
V-1																
CP																
Lotes unifamiliares RM-2A	Etapa 2															
Lotes unifamiliares RM-2B																
MD-3 Vivienda																
MD-1 Vivienda	Etapa 3															
MD-4 Vivienda																
Lotes unifamiliares RM-3A	Etapa 4															
Lotes unifamiliares RM-3B																
Lotes RM-E																
Hotel																

2.5.1. Fases de desarrollo del Proyecto

A continuación, se describirán el conjunto de obras y actividades que se realizarán en el marco del Proyecto de acuerdo a la fase que corresponda y las obras asociadas, además se presenta el proceso, procedimiento, tecnologías y recursos utilizaos para la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

Es importante señalar que la descripción del proyecto no se realiza a partir de proyectos ejecutivos. Se presentan las ingenierías necesarias enfatizando el detalle descriptivo, en aquellas partes de las obras que serán consideradas como fuente de origen de los impactos significativos, residuales o sinérgicos.

2.5.2. Preparación del sitio

Antes de iniciar la construcción de las obras, se realizarán las actividades necesarias para el acondicionamiento del terreno, estas actividades son un conjunto de trabajos que deben ejecutarse antes del desplante de una obra de urbanización o edificación para proteger el terreno y la vegetación existente, así como para facilitar y permitir el inicio de los trabajos de construcción. Algunas de las obras preliminares son las siguientes:

- **Instalación de obras provisionales. –** Antes de dar inicio a cualquier otra actividad se instalarán los sanitarios portátiles y se colocarán contenedores para los residuos debidamente identificados y con las dimensiones y características requeridas de acuerdo al tipo de residuos que recibirán (orgánicos, inorgánicos reciclables, inorgánicos no reciclables, peligrosos o de manejo especial).

- **Trazo de las áreas de desmonte y conservación. –** Una brigada de topógrafos realizará el trazo de los diferentes componentes del proyecto. Se colocarán postes de madera para realizar la delimitación de las áreas que serán conservadas y las áreas que serán desmontadas para la construcción de la infraestructura y se identificarán con cintas plásticas. En los polígonos de cada área de aprovechamiento se colocará malla electrosoldada con el objetivo de evitar el paso de personas ajenas a las obras, así como de proteger las áreas de conservación al interior de los lotes. Dichas protecciones también reducirán el impacto visual de la obra, la dispersión de polvos y la contaminación por ruido.

- **Marcado y rescate de especies vegetales. –** En las áreas delimitadas y consideradas para su aprovechamiento se implementará una campaña coordinada por un especialista en identificación y manejo de vegetación y una brigada de personal de apoyo; con la finalidad de identificar y marcar con cinta plástica aquellos ejemplares susceptibles de ser rescatados, se prestará especial atención a los ejemplares que se encuentren incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Una vez identificados los ejemplares, se implementará la técnica de rescate más apropiada, considerando la especie y su talla. Los ejemplares rescatados serán transportados a su sitio definitivo de trasplante o al vivero provisional para su mantenimiento. Este vivero será ubicado temporalmente dentro de alguna de las áreas de conservación del proyecto, sin que implique el desmonte de tal superficie. Cabe destacar que, se identificará y registrará cada organismo rescatado en formatos especiales diseñados por la supervisión ambiental del Proyecto.

- **Rescate de especies animales. –** De manera paralela a las actividades de marcado y rescate de especies vegetales, y como parte del Sistema de Manejo y Gestión Ambiental del Proyecto (SMGA), un especialista en manejo de fauna recorrerá las áreas de desmonte con la finalidad de rescatar a individuos poco móviles o vulnerables, incluyendo nidos de aves. Los individuos rescatados se registrarán en una bitácora y se incorporarán en una base de datos específicamente diseñada para tal fin, posteriormente serán trasladados a áreas de conservación que mantengan su cobertura vegetal original. Previo a su traslado, cada organismo será identificado y registrado en formatos especiales diseñados por la supervisión ambiental del proyecto.

- **Desmonte, despalme y limpieza del terreno. –** Una vez efectuado el rescate de flora y fauna, se llevarán a cabo las actividades de desmonte y limpieza de las áreas de aprovechamiento de las obras consideradas en la Etapa 1. La tierra vegetal y los restos vegetales serán triturados mecánicamente y dispuestos temporalmente en alguna área prevista para la construcción o en el vivero temporal. Esto con el fin de ser utilizados posteriormente en las labores de jardinería y reforestación del Proyecto.

- **Señalización y medidas preventivas. –** Se colocarán letreros y señales alusivas a situaciones de riesgo, de seguridad, prohibitivas, restrictivas e informativas, que incluirán símbolos universalmente utilizados para facilitar su interpretación. Estas señalizaciones se colocarán en instalaciones donde confluye público en general, así como en las áreas de máquinas, controles, etc.

- **Excavación, relleno y nivelación. –** Después de haberse realizado la limpieza del terreno, una cuadrilla de topógrafos delimitará físicamente los diferentes frentes de trabajo y se realizarán las actividades de excavación, relleno y nivelación necesarias para las vialidades, edificaciones, así como infraestructura de servicios como son: el sistema de drenaje pluvial y sanitario, la red eléctrica, la red de telecomunicaciones, la red de agua potable y la planta de tratamiento de aguas residuales, entre otras (Tabla 2.21).

2.5.3. Construcción

La ejecución de esta fase está prevista para un periodo de 15 años contados a partir de la finalización de los trámites para la obtención de los permisos y licencias requeridos según la etapa de desarrollo y la etapa de preparación del sitio del macrolote a desarrollar conforme al cronograma.

A continuación, se describen las actividades que se llevarán a cabo para la construcción de las obras que componen al Proyecto, estas se desarrollarán exclusivamente en las áreas que fueron delimitadas y acondicionadas previamente, durante la etapa de preparación del sitio.

De manera particular, los procesos constructivos correspondientes a las obras a desarrollarse en los Lotes Particulares se deberán sujetar a lo establecido en el Reglamento de Construcción y previa autorización del Comité de Construcción del Desarrollo Inmobiliario.

2.5.3.1. Zona y caseta de acceso

El acceso al Proyecto se sitúa al Noreste (Figura 2.39). En este punto inicia la vialidad primaria la cual conecta todos los lotes del Proyecto. Comienza desde el punto de conexión con la carretera federal No. 11 Baja California Sur La Paz – El Tecolote.

Figura 2.39 Localización de la zona de acceso y la vialidad primaria.



En la zona destinada al acceso principal del Proyecto, se desarrollarán obras específicas para atender tanto las necesidades operativas del propio acceso como aquellas de carácter general vinculadas al desarrollo integral del Proyecto. En lo que respecta a la vialidad primaria, las intervenciones estarán limitadas exclusivamente a edificaciones indispensables para las funciones de control de ingreso y vigilancia del predio, garantizando así el cumplimiento de los objetivos operativos sin generar afectaciones innecesarias al entorno inmediato.

En esta zona se contempla la instalación de oficinas móviles y estructuras temporales destinadas a facilitar las actividades de administración, gestión y operación general del

predio con funciones administrativas y de exposición, orientadas principalmente a respaldar las labores de venta y renta inmobiliaria de las propiedades dentro del desarrollo.

Para acceder al Proyecto se contará con una Caseta de control de entrada y salida vehicular, se localizará sobre el eje de la vialidad Principal.

Figura 2.40 Representación tipo caseta de acceso

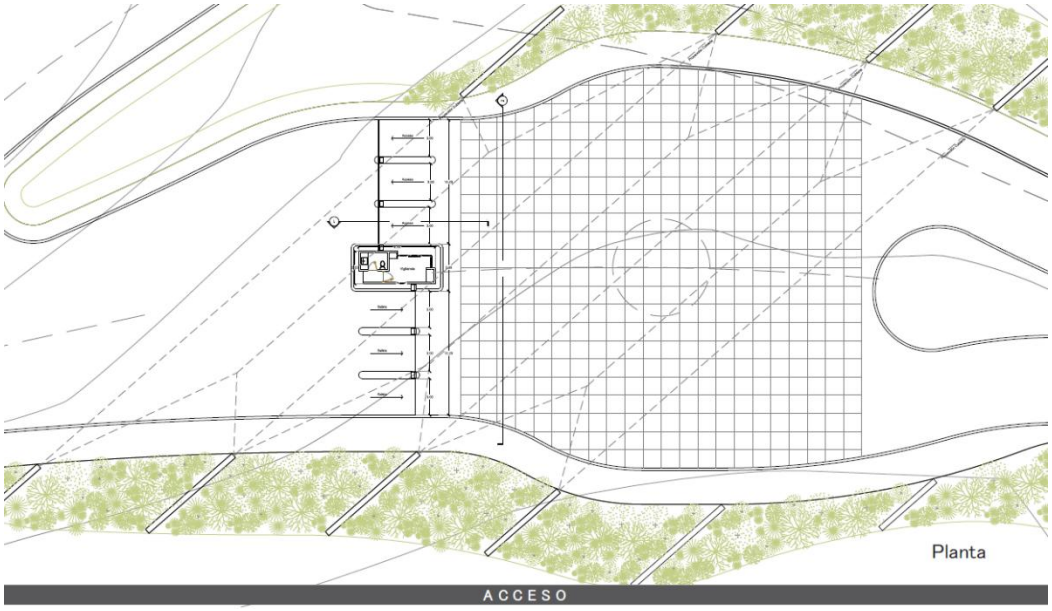
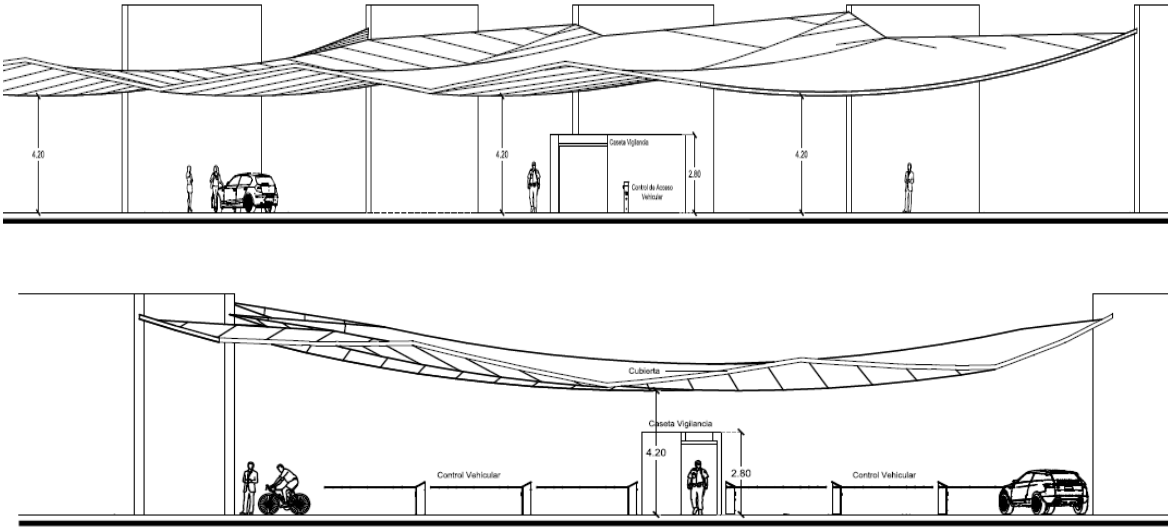


Figura 2.41 Cortes tipo de sección caseta de acceso



2.5.3.2. Vialidades

El proyecto considera la construcción de tres tipos de vialidad y un andador de acceso, diseñados para garantizar una movilidad segura y eficiente dentro del desarrollo. Estas vías están concebidas para satisfacer las necesidades de huéspedes y residentes, cumpliendo con los estándares constructivos y proporcionando una capacidad vial óptima.

La vialidad Primaria iniciará desde la Carretera Federal Baja California Sur La Paz – El Tecolote, donde se ubicará la Caseta de Acceso principal. Esta vía atravesará todo el predio en dirección Norte-Sur, concluyendo en los lotes destinados a uso residencial. A lo largo de su recorrido, contará con guarniciones que facilitarán la movilidad peatonal y el acceso directo a las viviendas para los residentes.

Adicionalmente, en el punto de intersección con los macrolotes MD-2 y V-1, se incorporará un andador que dará acceso a un futuro club de playa.

Las vialidades contarán con una superficie de rodamiento de asfalto con detalles constructivos particulares; las vialidades estarán equipadas con un sistema de drenaje pluvial, con el objetivo de conducir y disponer las aguas pluviales hacia los cauces naturales existentes. El sistema estará integrado por estructuras superficiales y subterráneas, que dependerán según la posición que tiene con respecto al eje del camino.

En general, las vialidades contarán con una superficie total de aprovechamiento de 5.14 ha.

El diseño de pavimento de concreto hidráulico (Figura 2.42) se realizó acatando las recomendaciones de la mecánica de suelos del sitio (Anexo 2.3), que contempla las características del suelo, la resistencia a la flexión del concreto, y los datos viales de la zona.

- **Carpeta de concreto hidráulico de 15.00 cm** de espesor, la cual debe cumplir con los requisitos de calidad de Agregados para Carpetas de Concreto Hidráulico, los cuales se encuentran se encuentran descritos en las Tablas 1 – 3 del Anexo 2.3, y especificaciones D.1 - D.7 (para agregado -fino); y Tablas 4 – 5 del Anexo 2.3, y especificaciones E.1 - E.8 (para agregado grueso) de la norma N·CMT·4·06·001/19 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).
- **Base hidráulica de 20 cm** de espesor, la cual debe cumplir con los requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos asfálticos (N·CMT·4·02·002/22 de la secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes) siguientes: Límite líquido, máximo 25% Índice plástico, máximo 6 %, Equivalente de arena, mínimo 40%, Valor de Soporte de California (CBR), mínimo 80%.
- **Subrasante de 30 cm** que debe cumplir con los requisitos de calidad de los materiales para capa subrasante *(N·CMT·1·03/21 de la secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes)* siguientes: Tamaño máximo 76 mm; Límite líquido máximo 40%; Índice plástico máximo 12%; Valor de Soporte de California (CBR) mínimo 20%; Grado de compactación, mínimo 100 ± 2%.
- **Terraplén de espesor variable**, el cual debe cumplir con los requisitos de calidad de los materiales para capa de terracerías *(N·CMT·1·01/21 de la secretaria de*

Infraestructura, Comunicaciones y Transportes) siguientes: Límite líquido máximo 50%; Valor de Soporte de California (CBR) mínimo 5%; Expansión máxima 5%; Grado de compactación mínimo 90 ± 2%.

Figura 2.42 Sección de pavimento hidráulico

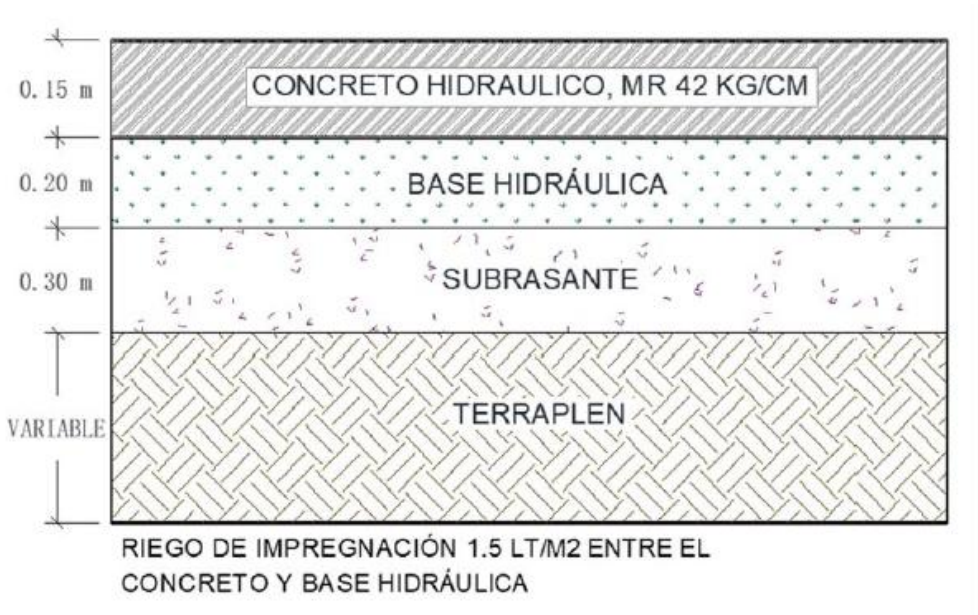


Figura 2.43 Sección vialidad principal

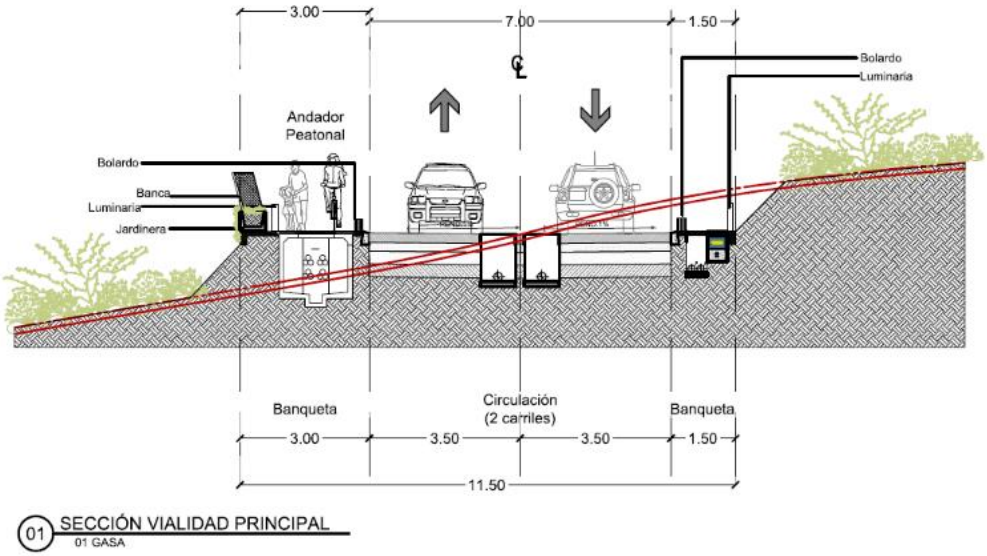
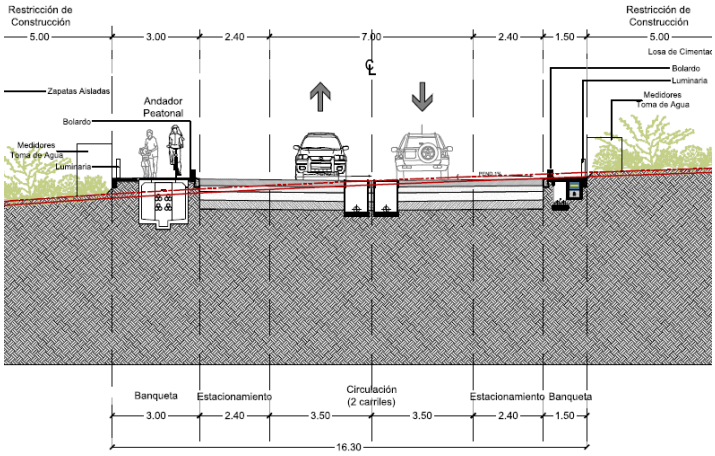


Figura 2.44 Sección vialidad



A lo largo del recorrido de la vialidad, se contará con trincheras de servicios ubicadas sobre la vialidad y las banquetas, por donde pasarán los ductos de la red eléctrica, hidráulica, hidrosanitaria y de telecomunicaciones.

Estas contarán con su ángulo de reposo natural que además servirá como talud de estabilización que evitará en gran medida la erosión del suelo que pueda llegar a provocar la inestabilidad del terreno y represente un riesgo para los usuarios, para las propias vialidades e instalaciones. Las trincheras tendrán un ancho de 1.50 m.

2.5.3.2.1. Drenaje pluvial en vialidad

El análisis de precipitación regional revela la ocurrencia de años extremadamente secos, con registros inferiores a 50 mm en 1977, 1988, 1999 y el periodo 2010–2011. No obstante, en cinco de los últimos seis años analizados, la precipitación anual ha superado la media histórica; destacando 2017 y 2023, cuando se registraron valores 2.8 veces superiores a dicha media. Esta variabilidad climática debe ser considerada en el diseño de la infraestructura hidráulica, especialmente en lo referente al control de escurrimientos.

Actualmente, las vialidades y plataformas de acceso ubicadas al nor-noreste del estero Puerto Gato han alterado los patrones naturales de escurrimiento superficial, tanto dentro como fuera del predio. Estas intervenciones han provocado una interrupción del flujo, generando zonas erosionadas y deshidratadas al norte del estero.

El análisis hidrológico (Anexo 4.1) indica una escasa interacción entre el sistema hidrológico superficial y los manglares, atribuible principalmente a la estacionalidad del flujo y a periodos prolongados de sequía. La microcuenca ubicada al este es la de mayor aporte al estero Puerto Gato, con un volumen anual estimado de 8,954 m³. Por el oeste, el estero recibe escurrimientos medios anuales de 533 m³ y 669 m³ desde dos vertientes principales del predio, sin conexión hidrológica con los flujos orientales. La vertiente norte, que aporta 885 m³/año, presenta la mayor afectación debido a la construcción de plataformas de estacionamiento y caminos de acceso vehicular

El área del proyecto abarca una superficie de 52.05 hectáreas, dentro de la cual se encuentran microcuencas con escurrimientos en diversas direcciones que desembocan en

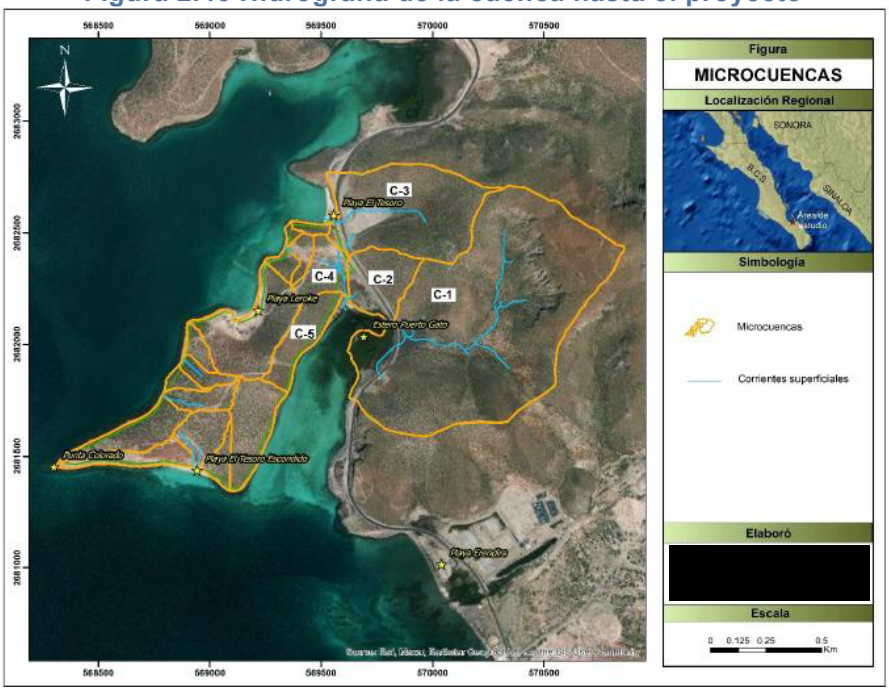
el Golfo de California. La Figura 2.45 muestra tanto el polígono del proyecto como la red hidrográfica, generada a partir del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Según los datos proporcionados por el SIATL, no se han identificado escurrimientos superficiales en el sitio del proyecto.

Figura 2.45 Hidrografía en la zona donde se localiza el proyecto Punta La Paz.



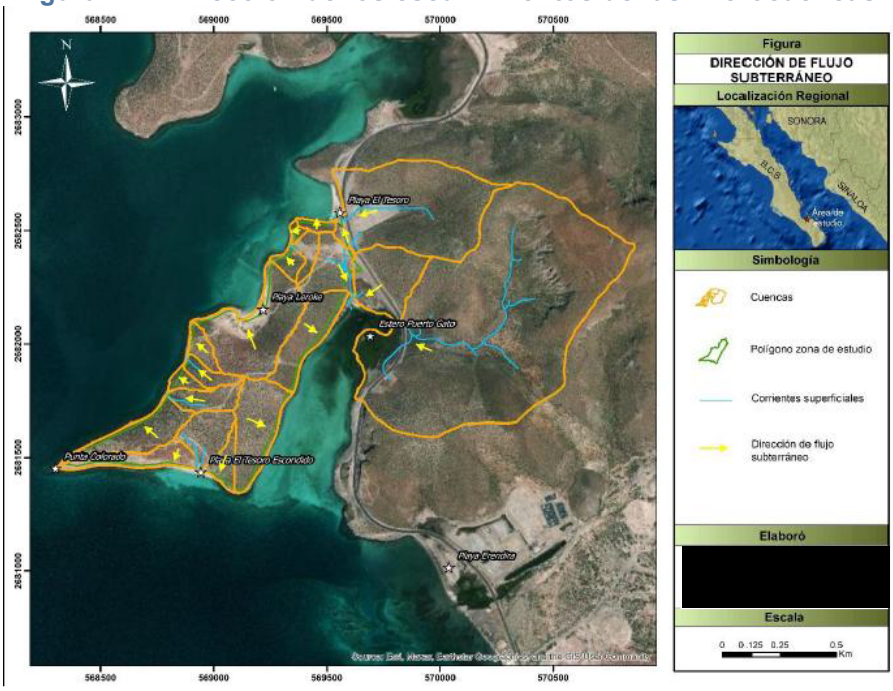
En la Figura 2.46 se presenta la delimitación de las microcuencas, indicando los escurrimientos a partir de los modelos digitales de elevación obtenidos; en la figura se presentan los cauces que pudieran presentarse, aunque físicamente, en las condiciones actuales no se observan cárcavas de magnitudes importantes en la superficie del terreno.

Figura 2.46 Hidrografía de la cuenca hasta el proyecto



En la Figura 2.47 se presenta la dirección de los escurrimientos de las microcuencas, donde se observa que el flujo superficial ocurre en todas direcciones, hacia el mar.

Figura 2.47 Dirección de los escurrimientos de las microcuencas.



En este sentido, se requiere la implementación de un sistema que permita captar, conducir y disponer de manera oportuna las aguas de lluvia -que precipiten sobre las vialidades- hacia los cauces naturales. Esto con el objetivo de mantener la infraestructura vial en condiciones aceptables de operación, evitando la acumulación del agua en el trazo de la

vialidad, evitando también la erosión del suelo y favorecer la captura de agua para la recarga del acuífero.

El drenaje pluvial en las vialidades se integrará de estructuras superficiales y subterráneas, que se clasifican según la posición que tienen con respecto al eje del camino. Se pueden tener estructuras de drenaje longitudinal y transversal. El drenaje longitudinal tiene un trazo paralelo al eje de la vialidad y tiene como objetivo captar los escurrimientos que fluyen hacia o desde la vialidad en forma transversal al mismo. Las estructuras que integrarán a este tipo de drenaje son: cunetas y contracunetas.

Por otra parte, el drenaje transversal, dará cauce al agua que cae sobre la corona de la vialidad, así como a aquellas corrientes naturales que cruzan de un lado a otro del mismo. Las estructuras que conformarán este tipo de drenaje son: alcantarillas y lavaderos. A continuación, se describen cada una de las estructuras que conformarán al sistema de drenaje del Proyecto:

- ***Cunetas. -*** Son zanjas que se construyen adyacentes a los costados de la corona en uno o ambos lados, con el objeto de interceptar el agua que escurre sobre la superficie de la corona, de los taludes de los cortes o del terreno contiguo, conduciéndola hacia los cauces naturales y evitar daños hacia los usuarios y la vialidad.

- ***Contracunetas. -*** Son zanjas o bordos que se construyen en las laderas localizadas agua arriba de los taludes de los cortes, con el objeto de interceptar el agua que escurre sobre la superficie del terreno natural, conduciéndola a una cañada inmediata o una parte baja del terreno, para evitar el saturamiento hidráulico de la cuneta y el deslave o erosión del corte. Según lo indique el proyecto o la secretaria, las zanjas pueden estar recubiertas o no y los bordos pueden ser de tierra, concreto o suelo cemento.

- ***Lavaderos. -*** Son canales que conducen y descargan el agua recolectada por los bordillos, cunetas y guarniciones a lugares donde no causen daño a la estructura del pavimento. Los lavaderos pueden ser de mampostería, concreto hidráulico o metálicos. Si se construyen con mampostería o concreto hidráulico, generalmente tienen sección triangular, con el propósito de lograr una depresión en su intersección con el acontecimiento, para facilitar la entrada del agua al lavadero.

- ***Alcantarillas con tubos de polietileno de alta densidad. -*** Son estructuras flexibles que, se construyen mediante este tipo de tubos colocados sobre el terreno en una o varias líneas para dar paso libre al agua de un lado al otro de la vialidad. Según el terreno donde se construyan, pueden ser en zanja, en zanja con terraplén o en terraplén; según su ubicación se clasifican en normal y esviajada.

Es importante mencionar que las obras de drenaje pluvial estarán integradas a las bermas de las vialidades, además de trampas de grasas, con el propósito de evitar la descarga de aguas pluviales contaminadas, contribuyendo así a la preservación del entorno y el cumplimiento de estándares ambientales

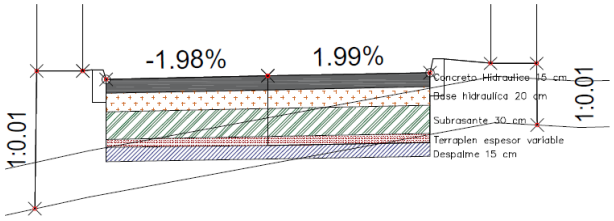
.

El proceso constructivo que se seguirá para la conformación de las vialidades es el siguiente:

Tratamiento del Terreno Natural:

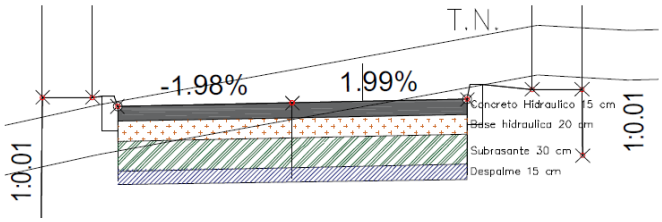
Una vez delimitada la zona de desplante de la estructura se deberá despalmar el terreno natural de acuerdo a la norma *N·CTR·CAR·1·01·002* y realizar los cortes necesarios de acuerdo a la norma *N·CTR·CAR·1·01·003.* Para preparar la superficie de desplante del proyecto, se tratará una capa mínima de 15 cm y se compactará al 90% de su Proctor estándar con el fin de proporcionar una superficie plana y estable. Este procedimiento se llevará a cabo para el desplante de subrasante o terraplén, según sea el caso.

Figura 2.48 Imagen representativa de las secciones con terraplén. (terraplén de sección variable según la ubicación)



Representación de la estructura del pavimento propuesto sin terraplén, éste se empleará cuando - 30 - se realicen cortes, a su vez será necesario el tratamiento del terreno natural previo. al desplante de la estructura.

Figura 2.49 Imagen representativa de las secciones sin terraplén.



Sección de pavimento hidráulico

Conforme a las características del suelo y niveles, se recomienda excavar y abrir cajas en donde requiera según la topografía del sitio del proyecto, con el propósito de colocar una estructura como se muestra en la Figura 2.48 y Figura 2.49, se contemplan las siguientes consideraciones:

- Tratamiento del Terreno Natural, una vez delimitada la zona de desplante de la estructura se deberá despalmar el terreno natural de acuerdo a la norma N·CTR·CAR·1·01·002 y realizar los cortes necesarios de acuerdo a la norma N·CTR·CAR·1·01·003. Para preparar la superficie de desplante del proyecto, se tratará una capa mínima de 15 cm y se compactará al 90% de su Proctor estándar con el fin de proporcionar una superficie plana y estable. Este procedimiento se llevará a cabo para el desplante de subrasante o terraplén, según sea el caso.

- Se tendrá un mejoramiento de suelo con calidad de terraplén, el relleno se colocará en capas controladas con un espesor de 20 cm, y horizontales (no se aceptan rellenos inclinados), en el caso de rellenos confinados (zanjas, cárcamos o estructuras enterradas), se seguirán las mismas indicaciones anteriores, el material deberá de cumplir con las características, según la norma N·CMT·1·01/21 / Materiales para terraplén.

- Se colocará una capa de subrasante con un espesor de 30 cm, la cual deberá cumplir con los requisitos establecidos en la norma N·CMT·1·03/21 / Materiales para terracerías.

- Posteriormente, se colocará base hidráulica con un espesor de 20 cm, que cumpla con los requisitos establecidos en la norma N·CMT·4·02·002/22 / Materiales para Bases Hidráulicas (Bases de pavimentos asfálticos)

- Se empleará concreto de concreto hidráulico de 15.00 cm de espesor, la cual debe cumplir con los requisitos de calidad de Agregados para Carpetas de Concreto Hidráulico, los cuales se encuentran se encuentran descritos en las Tablas 1 - 3, del Anexo 2.3 y especificaciones D.1 - D.7 (para agregado -fino); y Tablas 4 – 5 del Anexo 2.3, y especificaciones E.1 - E.8 (para agregado grueso) de la norma N·CMT ·4·06·001/19 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

- Donde se requiera hacer corte según el perfil de proyecto, se abrirán cajas y se colocará la estructura tipo que corresponda, en el caso de terraplén se perfilará el terreno para conformar la caja.

2.5.3.2.2. Residuos durante el desarrollo de la vialidad primaria

Durante la etapa de preparación del sitio, se prevé la generación de emisiones atmosféricas derivadas de las actividades de desmonte y despalme, principalmente en forma de partículas suspendidas. Adicionalmente, se producirán emisiones de contaminantes provenientes de los motores de combustión interna de la maquinaria pesada empleada en dichos trabajos.

En la etapa de urbanización, se generarán tanto residuos sólidos domésticos, producidos por el personal de obra, como residuos de construcción, entre los que se incluyen excedentes de concreto, madera de cimbra y escombro.

Cabe señalar que las actividades correspondientes a las distintas etapas de urbanización generarán volúmenes reducidos de residuos sólidos y líquidos, y que las emisiones atmosféricas asociadas serán mínimas y controlables mediante buenas prácticas de manejo ambiental.

2.5.3.2.3. Instalaciones Eléctricas:

Como se mencionó en el apartado 2.3.2.3.1, la red eléctrica estará conformada por líneas subterráneas de alimentación y pozos de visita o registro de media tensión para abastecer de energía al conjunto de obras del Proyecto. La red eléctrica se desplegará principalmente a lo largo de las vialidades, en la berma de servicios que se construirá a los costados de éstas. Sin embargo, el proyecto de ingeniería eléctrica considera también la el paso de la red eléctrica en tramos por los cuales no se contará con la red vial por lo que, en estos casos, se requerirá de la apertura de zanjas, su proceso constructivo se describe a continuación:

- Una vez delimitado el trazo de la superficie las zanjas por donde pasarán las líneas de alimentación eléctrica, se realizará su excavación para el tendido de la ductería de PAD (Poliducto de Alta Densidad) mediante el uso de maquinaria del tipo retroexcavadora. Es importante mencionar que, en cumplimiento con la NOM-001-SDE-2012, el tendido eléctrico se deberá encontrar en zanjas independientes a las utilizadas para la red hidráulica e hidrosanitaria.
- Una vez flejados y tendidos los ductos se rellenarán las zanjas con el mismo material producto de la excavación, con una compactación Proctor mínima de 95%.
- Como se mencionó en su momento, la red eléctrica contará con registros de media tensión, su procedimiento constructivo es el siguiente:
- Por medio de maquinaria retroexcavadora se realizará la cepa en donde se realizará el hincado del registro, sus dimensiones dependerán del tamaño del registro a utilizar.
- Una vez elaborada la cepa, se hincará el registro prefabricado integrándolo a la topografía del terreno. En caso de requerirse el relleno del terreno se utilizará material producto de la excavación de la cepa. La superficie correspondiente a estos registros se contabilizará como superficie de aprovechamiento permanente.

2.5.3.3. Instalaciones Hidrosanitaria:

La red hidrosanitaria correrá de manera paralela a la red de agua potable, por lo que no se requerirá de la excavación de zanjas adicionales.

Adicionalmente, y dado que la red hidrosanitaria contempla la instalación de registros de visita, a continuación, se describe el proceso constructivo que se seguirá:

- Se realizará la apertura de la cepa, con una retroexcavadora, en donde se hincará el pozo de visita. Las dimensiones de la cepa dependerán del tipo de pozo o registro a implementar.
- Una vez elaborada la cepa, se hincará el pozo o registro prefabricado, integrándolo perfectamente a la topografía del terreno, es decir, que únicamente la tapa quede a nivel de suelo (visible) para cualquier inspección.

Como ya se ha mencionado (sección 2.3.2.1) el proyecto contempla la construcción de tres tipos de vialidades y un andador de acceso, diseñados para garantizar una movilidad segura y eficiente dentro del desarrollo. En conjunto, estas vialidades ocuparán una superficie total de 5.14 hectáreas.

A lo largo del recorrido, se implementarán trincheras de servicios estratégicamente ubicadas sobre las vialidades y banquetas. Estas servirán como canalización para los ductos de las **redes eléctrica, hidráulica, hidrosanitaria y de telecomunicaciones**, asegurando su integración en la infraestructura urbana.

En función de estos elementos, se presentan los volúmenes de obra necesarios para el desarrollo del concepto vial:

Tabla 2.21 Volumen de excavación y relleno estimado para el Proyecto

Preparación	UN	Vialidad
Corte de terreno	m3	8,170.82
Terraplén	m3	18,888.18
Volumen de relleno	m3	10,717.36

2.5.3.4. Instalaciones hidráulicas

Para la red de distribución de agua potable se requeriría de la apertura de zanjas, las cuales se podrán encontrar en las bermas de servicio de las vialidades o de manera independiente (según proyecto de ingeniería). A continuación, se describe el proceso constructivo que se seguirá para la construcción de las zanjas que correrán de manera independiente:

- Delimitado el trazo de las zanjas por donde pasará la red hidráulica, con una retroexcavadora se realizará la excavación de las zanjas.
- Una vez abierta la zanja, se colocará la tubería sobre una plantilla apisonada con material proveniente de un banco de material.
- Posteriormente, se rellenarán las zanjas con material proveniente de la excavación.

2.5.3.4.1. Manejo Integral del Agua

El Manejo Integral del Agua del Proyecto tiene como propósito fundamental, dentro del marco legal y normativo ambiental vigente, propiciar un cambio de paradigma regional en la gestión del recurso hídrico. Este nuevo enfoque busca articular el desarrollo turístico en zonas áridas con el aprovechamiento sustentable del agua tratada generada de manera continua, fortaleciendo así la resiliencia de los ecosistemas en los que se inserta.

La estrategia se centra en la gestión eficiente de las aguas residuales tratadas en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), orientando su uso a fines ambientales y operativos asociados al Proyecto PLP. Mediante fases operativas específicas y con base en modelos demostrativos comprobables, se establece un esquema de aprovechamiento ecológico integral sustentado en la creación de un ciclo hidrológico urbano funcional dentro del proyecto.

La implementación exitosa de este programa depende de la aplicación rigurosa de fundamentos técnicos y científicos, así como de la experiencia previa expuesta en el presente documento.

Etapas del Manejo del Agua

Conforme al diseño del proyecto, la gestión del recurso hídrico se estructura en las siguientes fases (ver Figura 2.81):

1. Fase de Extracción, Desalinización y Disposición de Salmuera

- Captación de agua de mar mediante bombeo desde la zona marina adyacente.
- Conducción hacia la planta desalinizadora.
- Procesamiento del agua a través de ósmosis inversa para obtener agua potable.
- Generación de un residuo líquido hipersalino.
- Disposición final controlada de la salmuera en el entorno marino.

2. Fase de Utilización del Agua Potable

- Distribución del agua potable desalinizada para atender las necesidades operativas del Proyecto PLP.

3. Fase de Tratamiento, Reutilización y Disposición de Aguas Residuales

- Recolección de aguas residuales y drenaje interno.
- Bombeo hacia la PTAR del proyecto.
- Tratamientos primario y secundario del agua residual.
- Reutilización del agua tratada para riego de áreas verdes, servicios generales del desarrollo y abastecimiento sanitario en viviendas unifamiliares.
- Disposición final autorizada de excedentes tratados.

Figura 2.50 Fases de generación y manejo convencional del agua contemplado para el proyecto Punta La Paz



En el marco del Proyecto, todas las actividades relacionadas con la extracción de agua y su disposición en la zona marina adyacente se llevarán a cabo con base en un conocimiento científico sólido sobre el ecosistema marino regional, garantizando su aprovechamiento racional y sostenible. Tanto los procesos de desalinización como la dilución y disposición final de excedentes de agua residual hipersalina, así como el tratamiento y eventual disposición de agua tratada, estarán plenamente alineados con la legislación y normatividad aplicable en los ámbitos federal, estatal y municipal.

El Programa de Manejo Integral del Agua (PMIA) se articula como un eje clave para consolidar el ciclo hidrológico urbano del Proyecto, alineado con un uso eficiente, responsable y planificado del recurso.

- **Manejo y Reutilización de Aguas Residuales**

Durante la etapa de desarrollo y operación del Proyecto PLP, el manejo de las aguas residuales contempla las siguientes acciones:

- Generación de aguas residuales y conducción por drenaje interno.
- Bombeo de los caudales recolectados hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del Proyecto PLP
- Aplicación de tratamientos primario, secundario en la PTAR.
- Reutilización parcial del agua tratada para el riego de jardines e infraestructura turística.

- Aprovechamiento parcial para la mejora ecológica de la vegetación original del sitio.

Opcionalmente se analizará la potencialidad y viabilidad técnica y económica de captura, almacenamiento y aprovechamiento de agua de lluvia.

Figura 2.51 Modificaciones en la fase de manejo y reutilización del agua tratada que se realizarán



El diseño del Manejo Integral del Agua incorpora principios metodológicos y estrategias establecidos en la *Guía para el Manejo del Agua* publicada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 2014. Según el documento "*Green Infrastructure Guide for Water Management*", la Infraestructura Verde (GI, por sus siglas en inglés) se ha consolidado como un enfoque eficaz frente a los desafíos complejos de la gestión hídrica contemporánea.

Este enfoque se fundamenta en el aprovechamiento deliberado de sistemas naturales o seminaturales para la provisión de servicios hidrológicos esenciales, con resultados equivalentes o superiores a los de la infraestructura gris convencional. Las soluciones GI no solo atienden las necesidades primarias de gestión del agua (como control de escorrentía o infiltración), sino que también generan beneficios colaterales en materia de biodiversidad, recreación, calidad del agua, recarga de acuíferos y servicios turísticos.

A diferencia de la infraestructura gris, que tiende a perder funcionalidad y valor con el tiempo, las soluciones basadas en GI tienden a regenerarse y valorizarse conforme evolucionan los suelos y la vegetación que las sustentan.

La Tabla 2.22 sintetiza el espectro de soluciones GI relevantes para la gestión del recurso hídrico analizadas en dicha guía, incluyendo aquellas que combinan infraestructura construida con elementos naturales para maximizar sus beneficios ecosistémicos.

Tabla 2.22 Gestión de recursos hídricos con soluciones GI. (Fuente: UNEP, 2014)

Problema de gestión del agua (Provisión de servicio primario)		Solución de infraestructura verde	Ubicación				Solución de infraestructura gris correspondiente (en el nivel de servicio primario)
			Cuenca	Llanura de inundación	Urbano	Costero	
Regulación del suministro de agua (Incluye mitigación contra sequía)		Reforestación y conservación forestal	■				Presas y bombeo de aguas subterráneas Sistema de distribución de agua
		Reconectando ríos a llanuras aluviales		■			
		Restauración / conservación de humedales	■	■	■		
		Construcción de humedales	■	■	■		
		Sistema colector de agua *	■	■	■		
		Espacios verdes (biorretención e infiltración)			■		
		Pavimentos permeables *			■		
Regulación de la calidad del agua	Purificación del agua	Reforestación y conservación forestal	■				Planta de tratamiento de agua
		Amortiguadores ribereños		■			
		Reconectando ríos a llanuras aluviales		■			
		Restauración / conservación de humedales	■	■	■		
		Construcción de humedales	■	■	■		
		Espacios verdes (biorretención e infiltración)			■		
		Pavimentos permeables *			■		
	Control de la erosión	Reforestación y conservación forestal	■				Refuerzo de pendientes
		Amortiguadores ribereños		■			
		Reconectando ríos a llanuras aluviales		■			
	Control biológico	Reforestación y conservación forestal	■				Planta de tratamiento de agua
		Amortiguadores ribereños		■			
		Reconectando ríos a llanuras aluviales		■			
		Restauración / conservación de humedales	■	■	■		
		Construcción de humedales	■	■	■		
	Control de la temperatura del agua	Reforestación y conservación forestal	■				Presas
		Amortiguadores ribereños		■			
		Reconectando ríos a llanuras aluviales		■			
		Restauración / conservación de humedales	■	■	■		
		Construcción de humedales		■	■		
		Espacios verdes (sombreado de vías fluviales)			■		
Moderación de eventos extremos (inundaciones)	Control de inundaciones fluviales	Reforestación y conservación forestal	■				Presas y diques
		Amortiguadores ribereños		■			
		Reconectando ríos a llanuras aluviales		■			
		Restauración / conservación de humedales	■	■	■		
		Construcción de humedales	■	■	■		
		Establecimiento de pasos hidráulicos		■			
	Escorrentía de aguas pluviales urbanas	Techos verdes			■		Infraestructura de aguas pluviales urbanas
		Espacios verdes (biorretención e infiltración)			■		
		Sistema colector de agua *	■	■	■		
		Pavimentos permeables *			■		
	Control de inundaciones costeras (tormentas)	Protección / restauración de manglares, marismas costeras y dunas				■	Muros de mar
		Protección / restauración de arrecifes (coral / ostras)				■	

Tradicionalmente, la respuesta predominante ante los desafíos relacionados con el manejo del agua ha consistido en incrementar la inversión en infraestructura convencional o “gris”, como plantas de tratamiento, presas, diques y redes de alcantarillado. Sin embargo, un número creciente de planificadores urbanos, ingenieros y responsables de políticas públicas ha comenzado a adoptar alternativas más sostenibles, rentables y de largo plazo: las soluciones basadas en infraestructura verde (GI, por sus siglas en inglés), cuyo interés y aplicación han ido en aumento.

Como referencia principal para la identificación de soluciones adaptables al proyecto, se ha utilizado la guía publicada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) en 2014. Esta guía presenta una clasificación detallada de opciones de infraestructura verde, junto con sus beneficios clave en la gestión del recurso hídrico, sus cobeneficios y otras consideraciones técnicas relevantes.

Las soluciones GI descritas en este apartado se basan en el aprovechamiento de los servicios ecosistémicos como mecanismo para alcanzar resultados tanto en el control y gestión del agua como en la generación de beneficios complementarios. Estas soluciones operan bajo dos esquemas principales:

1. **Provisión de servicios ecosistémicos vinculados directamente a la gestión hídrica**, lo que permite complementar, optimizar o incluso sustituir funciones tradicionalmente desempeñadas por la infraestructura gris, contribuyendo así a resolver los retos actuales en la materia;

2. **Suministro de servicios ecosistémicos adicionales**, que sirven como base para una serie de beneficios colaterales con impacto más allá del sector del agua, fortaleciendo el enfoque integral de sostenibilidad.

La Tabla 2.23 presenta un resumen de estos servicios ecosistémicos aplicables a las soluciones GI identificadas en la guía de la UNEP (2014).

Tabla 2.23 Servicios de ecosistema proporcionados por soluciones GI. Las celdas azules marcan los servicios directamente relacionados con los problemas de gestión del agua, mientras que la marca azul clara co-beneficios. (Fuente: UNEP, 2014)

Soluciones GI	Servicios ecosistémicos										
	Provisión de Recursos Naturales				Regulación						
	Suministro de agua	Producción de alimentos	Materias primas	Recursos medicinales	Control de temperatura	Secuestro de carbono + clasificación	Moderación de eventos extremos.	Purificación del agua	Control de erosión (litoral)	Polinización	Control biológico
Reforestación y conservación forestal											
Amortiguadores ribereños											
Restauración / conservación de humedales											
Construcción de humedales											
Reconectando ríos a llanuras aluviales											
Pasos hidráulicos											
Sistema colector de agua											
Azoteas verdes											
Espacios verdes (biorretención e infiltración)											
Espacios verdes (sombreado de vías fluviales)											
Pavimentos permeables											
Protección / restauración de dunas											
Protección / restauración de la zona marina											

Tabla 2.24 (Continuación). Servicios de ecosistema proporcionados por soluciones IG. Las celdas azules marcan los servicios directamente relacionados con los problemas de gestión del agua, mientras que la marca azul clara co-beneficios.

Soluciones GI	Servicios ecosistémicos					
	Valor Eclógico		Valor Cultural			
	Hábitats para especies	Mantenimiento de la diversidad genética.	Recreación	Turismo	Valor estético / cultural	Experiencias
Reforestación y conservación forestal						
Amortiguadores ribereños						
Restauración / conservación de humedales						
Construcción de humedales						
Reconectando ríos a llanuras aluviales						
Pasos hidráulicos						
Sistema colector de agua						
Azoteas verdes						
Espacios verdes (biorretención e infiltración)						
Espacios verdes (sombreado de vías fluviales)						
Pavimentos permeables						
Protección / restauración de dunas						
Protección / restauración de la zona marina						

2.5.3.4.2. Ciclo Hidrológico Urbano del Proyecto

A continuación, se presenta una descripción general del ciclo hidrológico urbano propuesto para el Proyecto del recurso hídrico durante la fase de operación y mantenimiento del desarrollo:

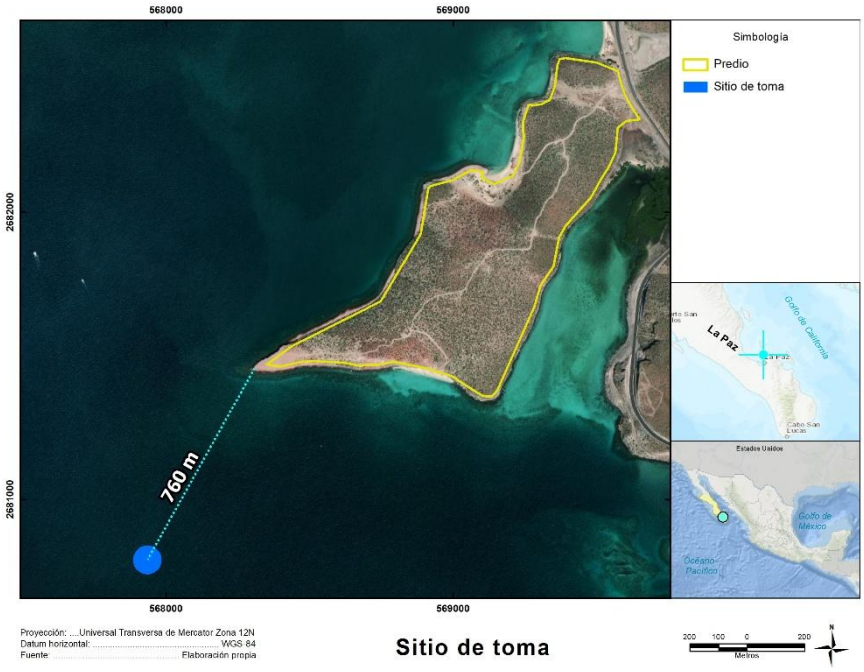
1. **Disponibilidad y captación del recurso** El abastecimiento de agua para la operación y mantenimiento del Proyecto se realizará mediante una toma de agua marina, diseñada para garantizar un suministro continuo y suficiente.
2. **Proceso de potabilización** El agua captada será conducida, mediante estaciones de bombeo, hacia la Desaladora de Ósmosis Inversa (DOI), donde se someterá a un proceso de potabilización que asegure su calidad para el uso y consumo humano. Paralelamente, se contempla una obra de descarga para el agua de rechazo generada por la DOI, la cual será vertida al medio marino a través de un sistema de difusores. Este sistema está diseñado para asegurar una adecuada dilución, evitando alteraciones en la calidad del agua marina y manteniendo la salinidad natural de la columna de agua.
3. **Almacenamiento de agua potable** Una vez potabilizada, el agua será almacenada en condiciones óptimas de calidad y volumen, garantizando su disponibilidad para el abastecimiento del Proyecto.
4. **Distribución y abastecimiento** El agua potable será distribuida a través de una red general de abastecimiento que cubrirá la totalidad del Proyecto. Cada lote contará con su propia red interna para garantizar el suministro eficiente.
5. **Sistema de drenaje** Cada lote deberá disponer de una red interna de drenaje y alcantarillado, diseñada para conducir las aguas residuales hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del Proyecto.
6. **Tratamiento de aguas residuales** Como parte de una estrategia integral de manejo del recurso hídrico, se contempla la construcción de una PTAR que permitirá eliminar los contaminantes orgánicos presentes en las aguas residuales generadas por los distintos usos del Proyecto. El agua tratada será destinada principalmente a dos fines:
    - Riego de áreas verdes y espacios comunes.
    - Uso ecológico en zonas de conservación del predio.
7. **Riego con agua tratada** El riego de jardines, áreas verdes y espacios públicos se realizará utilizando agua tratada proveniente de la PTAR, promoviendo así el reúso eficiente del recurso.
8. **Uso ecológico del agua tratada** Como medida central del Proyecto y en cumplimiento con los principios de mitigación y compensación ambiental, se empleará agua tratada para el riego de áreas de conservación, contribuyendo a la restauración ecológica y a la adaptación al cambio climático.
9. **Ciclo cerrado del agua** El agua tratada que no sea utilizada en riego de conservación será destinada a servicios operativos del Proyecto, tales como sanitarios y limpieza de áreas comunes. En caso de existir excedentes, estos serán entregados al municipio para su aprovechamiento en el riego de áreas verdes públicas u otros usos que se consideren pertinentes. Con este esquema se garantiza un ciclo cerrado del agua, evitando la inyección al subsuelo o el retorno al medio marino.

2.5.3.4.3. Toma y descarga de agua

Obra de toma abierta

Tomando como base los estudios oceanográficos realizados en el marco del proyecto Punta La Paz, se recomienda ubicar la obra de toma a aproximadamente 760 metros de distancia de la línea costera para optimizar su funcionamiento y minimizar interferencias ambientales.

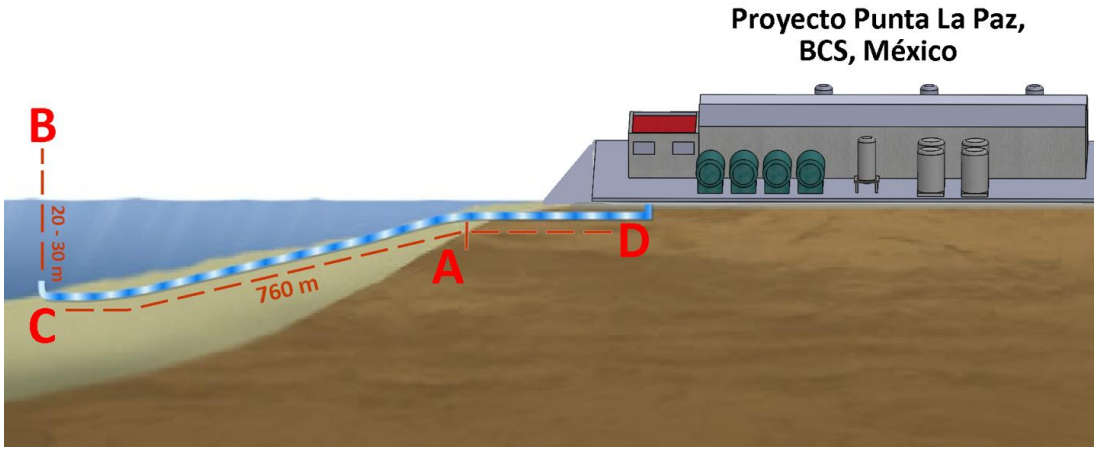
Figura 2.52 Distancia entre el puntos de toma y descarga respecto al predio del proyecto



El esquema conceptual correspondiente al sistema de toma directa del Proyecto *Punta La Paz* (Figura 2.52) presenta los siguientes elementos de referencia:

- **Punto A:** Marca la línea de costa en la zona de *Punta Colorada*, sirviendo como origen topográfico para la ubicación del sistema.
- **Segmento B–C:** Representa la superficie y batimetría propuesta para la instalación de la obra de toma directa, localizada a una profundidad aproximada de -20 metros.
- **Segmento A–D:** Indica la distancia horizontal entre la línea de costa y el sitio proyectado para la obra civil, donde se construirá la planta desalinizadora mediante tecnología de ósmosis inversa.

Figura 2.53 Distancias en obra de toma directa a planta desalinizadora de ósmosis inversa.



A) Caja de obra de toma directa

La obra de toma abierta constituye la fase inicial del sistema desalinizador, cuya función principal es garantizar un suministro constante de agua cruda proveniente del mar. Esta agua es sometida posteriormente a procesos de pretratamiento, antes de ser purificada mediante membranas de ósmosis inversa que eliminan sales y otros contaminantes presentes (Salinas-Freire et al., 2021).

Figura 2.54 Obra de succión del tipo toma abierta propuesta para el proyecto



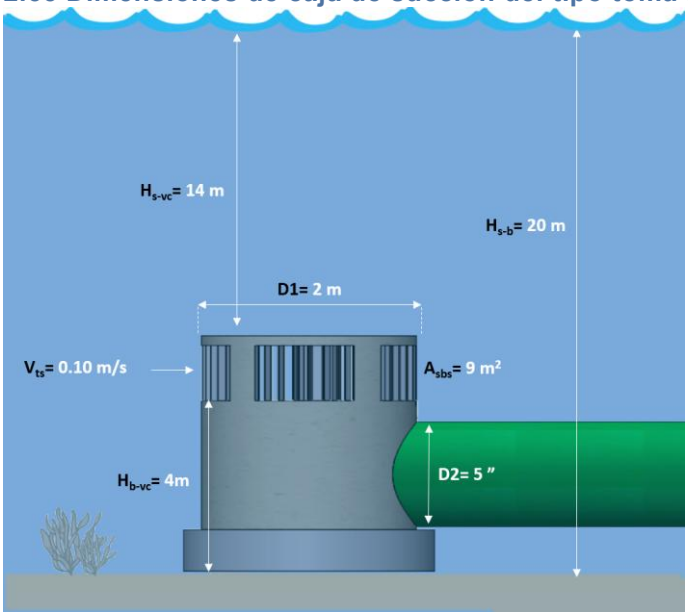
B) Dimensiones de Caja de obra de toma directa

El diseño de la estructura para la obra de toma abierta en el mar del Proyecto Punta La Paz se desarrolló conforme a la metodología propuesta por Voutchkov (2013). Esta metodología establece criterios para asegurar eficiencia hidráulica, durabilidad estructural y resistencia ante condiciones ambientales adversas.

La solución planteada consiste en la construcción de un cilindro de hormigón armado, elegido por sus propiedades mecánicas y su comportamiento frente a la corrosión en ambientes salinos. Las dimensiones proyectadas para esta estructura son de seis metros de altura y dos metros de diámetro, lo que permite una capacidad adecuada para el caudal requerido y facilita el proceso de captación directa del agua de mar.

La instalación está prevista a una profundidad aproximada de veinte metros bajo el nivel del mar.

Figura 2.55 Dimensiones de caja de succión del tipo toma abierta



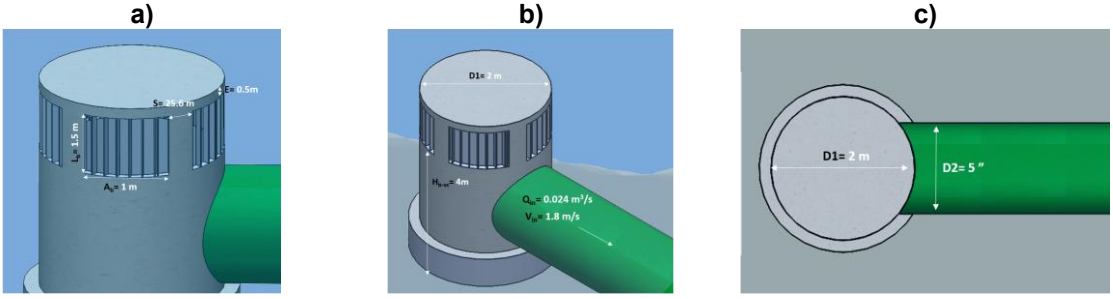
Para el diseño de la obra de toma abierta en el mar, se consideraron diversos parámetros hidráulicos y geométricos clave. Entre ellos se incluyeron el caudal de entrada (Q_1), la profundidad desde la superficie del mar hasta la superficie superior de la estructura (H_{sp}), la profundidad total desde la superficie hasta el fondo marino ($H_s f$), la distancia vertical desde el fondo del mar hasta las estructuras de admisión (Hf_{a}), la longitud de las estructuras de admisión (L_{a}) y el área activa total de rejillas (Ar_{a}), que condicionan la eficiencia del sistema de captación.

El diseño resultante incorpora cinco estructuras de admisión, configuradas como ventanas de rejillas. Cada una posee dimensiones de un metro de ancho por 1.5 metros de alto, con una separación entre ventanas de 25.6 centímetros. Esta disposición ofrece una superficie total efectiva de 9 m² de rejillas, a través de las cuales se permite el ingreso controlado del agua de mar. Dentro de estas estructuras se recomienda instalar rejillas de protección con separaciones variables entre 5 y 30 centímetros, según el tipo y densidad de organismos marinos presentes en el sitio de instalación, conforme a lo sugerido por Bencheikh et al. (2024).

Adicionalmente, se propone que las estructuras de admisión se sitúen a una altura aproximada de 4 metros sobre el fondo marino, con el objetivo de evitar el arrastre de partículas finas, turbidez y limo denso. Esta altura permite aprovechar las condiciones de corriente de barrido y garantiza una mejor calidad del agua cruda captada para el proceso de desalación.

Figura 2.56 Dimensiones Vistas del diseño de la estructura de toma abierta a) vista rejillas; b) succión de obra de toma; c) vista superior.

a) b) c)



En el diseño de las estructuras de admisión para la obra de toma abierta del Proyecto Punta La Paz se consideró una velocidad de entrada de agua de mar de 0.10 m/s, correspondiente a un flujo lento. Este parámetro fue seleccionado teniendo en cuenta la presencia estimada de más de un organismo por metro cúbico en el entorno marino, con el objetivo de minimizar el impacto sobre la fauna acuática. Este enfoque está respaldado por diversos estudios que recomiendan velocidades bajas en tomas abiertas para reducir el riesgo de atrapamiento y estrés en los organismos (Foster et al., 2012; Missimer & Maliva, 2018; Voutchkov, 2013).

Por otro lado, el sistema de salida del agua captada se realizará mediante una tubería de 5 pulgadas de diámetro, a una velocidad de conducción de 1.8 m/s, lo que permite mantener una eficiencia adecuada en el transporte hacia las unidades de pretratamiento. El caudal correspondiente a esta descarga es de aproximadamente 24 litros por segundo (0.024 m^3/s), lo cual garantiza la continuidad del suministro y una operación estable para la planta desalinizadora basada en ósmosis inversa.

C) Línea de conducción de obra de toma directa

Para el caso de Proyecto Punta La Paz BCS, se propone la línea de toma de mar directa de HDPE de 5 pulgadas con características PN16 y DR 11. Para evitar flotabilidad se usarán lastres de concreto con un espaciado de 3 m, tal y como se muestra en la Tabla 2.25.

Tabla 2.25 Distancia aproximada entre los lastres (Christensen, 2006).

Diámetro nominal del ducto		Longitud aproximada	
in	mm	ft	m
< 12	< 300	5 a 10	1.5 a 3.0
>12 a 24	>300 a 600	7.5 a 15	2.3 a 4.6
>24 a 63	>600 a 1,600	10 a 20	3.0 a 6.1

En el diseño de la línea de conducción para la obra de toma directa del Proyecto Punta La Paz, se utilizó una distribución estratégica de elementos de soporte con base en las recomendaciones técnicas para ductos submarinos. La Tabla 2.25. presenta las distancias óptimas entre lastres de concreto, determinadas en función del diámetro nominal de la tubería empleada. Estas distancias son críticas para garantizar la estabilidad estructural del ducto, prevenir movimientos indeseados por oleaje y corrientes, y asegurar la integridad hidráulica del sistema.

Como parte de la solución constructiva, se estableció una tubería de conducción con una extensión total de 760 metros desde la obra de toma hasta las instalaciones de la planta desalinizadora. El diseño incluye 253 lastres de concreto, dispuestos de manera regular a lo largo del trazado submarino.

Los diseños conceptuales correspondientes a esta configuración se encuentran ilustrados en la Figura 2.57, Figura 2.58 y Figura 2.59. Estos esquemas permiten visualizar la solución técnica adoptada y respaldan el enfoque estructural implementado para asegurar la funcionalidad del sistema de captación y conducción.

Figura 2.57 Línea de toma de mar directa de HDPE para Punta La Paz

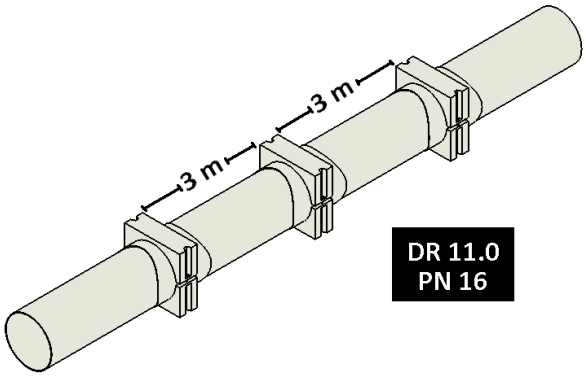


Figura 2.58 Línea de toma de mar directa de HDPE para Punta La Paz B.C.S. Vista frontal.

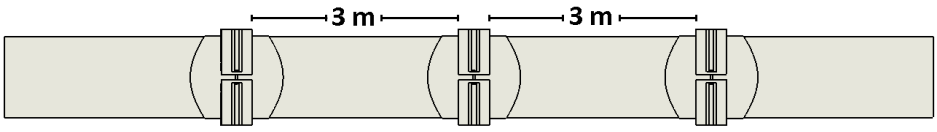
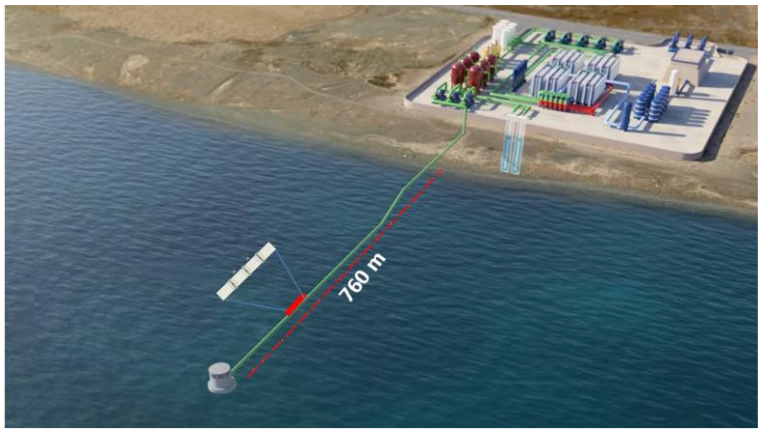
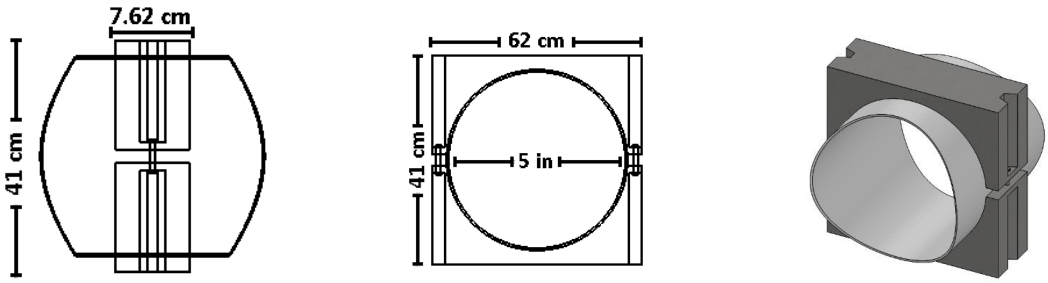


Figura 2.59 Línea de toma de mar directa de HDPE con lastre de concreto para Punta La Paz



En la Figura 2.60, se muestran diferentes cortes del emisario marino y dimensiones del lastre de concreto.

Figura 2.60 Dimensiones de lastre de concreto para salmueraducto de HDPE.



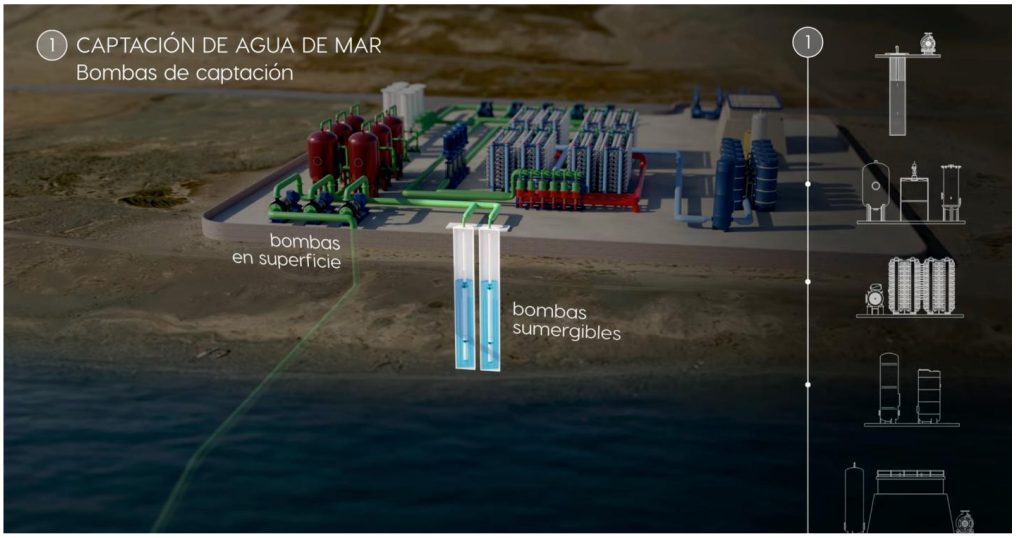
D) Bombas en superficie.

Para el sistema de captación de agua marina del Proyecto Punta La Paz, se contempla el uso de bombas verticales tipo turbina, las cuales serán responsables de elevar el agua cruda desde una profundidad de -20 metros hasta el sistema de pretratamiento previo al proceso de ósmosis inversa. Estas bombas aseguran un flujo constante, tanto en presión como en caudal, condiciones fundamentales para mantener la eficiencia operativa del sistema de desalación (ver figura 11).

Las bombas seleccionadas incorporan tecnología de potencia variable, lo que permite adaptar el desempeño hidráulico frente a posibles fluctuaciones en la calidad del agua, cambios en la carga de sólidos o variaciones en la demanda del sistema. Esta capacidad de ajuste contribuye directamente a proteger los componentes sensibles de las membranas de ósmosis inversa ante condiciones críticas, como sobrepresión o presencia elevada de contaminantes.

El sistema requiere la instalación de tres bombas de superficie, cada una con capacidad de 8 litros por segundo, lo que proporciona un caudal total de 24 L/s de agua de alimentación. Este caudal está alineado con los parámetros de diseño del sistema de ósmosis inversa, que contempla una tasa de conversión del agua cruda en producto tratado entre el 35% y 50%, en función de las condiciones operativas y del rendimiento de las membranas.{

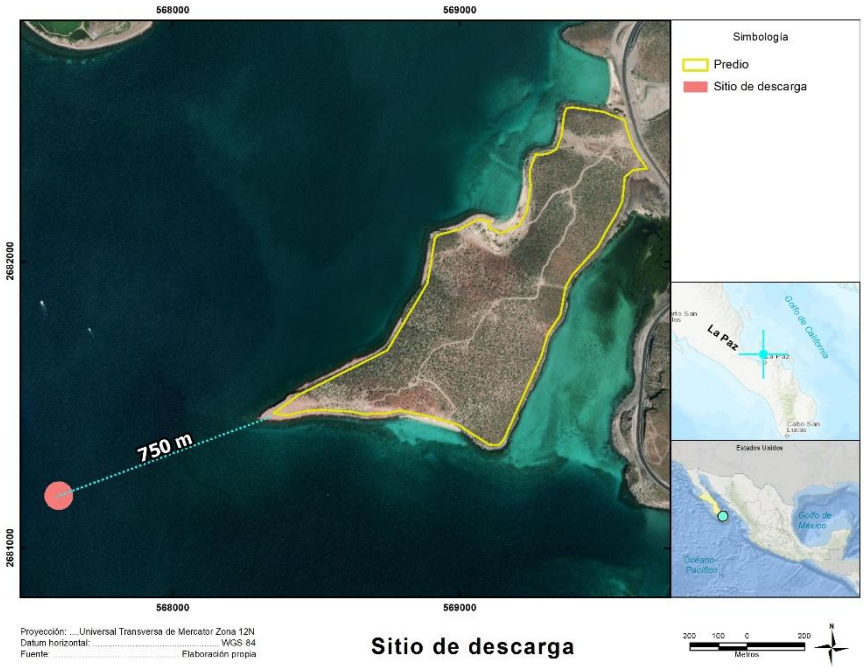
Figura 2.61 Representación de bombas de superficie de obra de toma abierta de Punta La Paz



Obra de descarga

Tomando como base los estudios oceanográficos realizados en el marco del proyecto Punta La Paz, se recomienda ubicar la obra de toma a aproximadamente 760 metros de distancia de la línea costera para optimizar su funcionamiento y minimizar interferencias ambientales.

Figura 2.62 Distancia entre el puntos de toma y descarga respecto al predio del proyecto



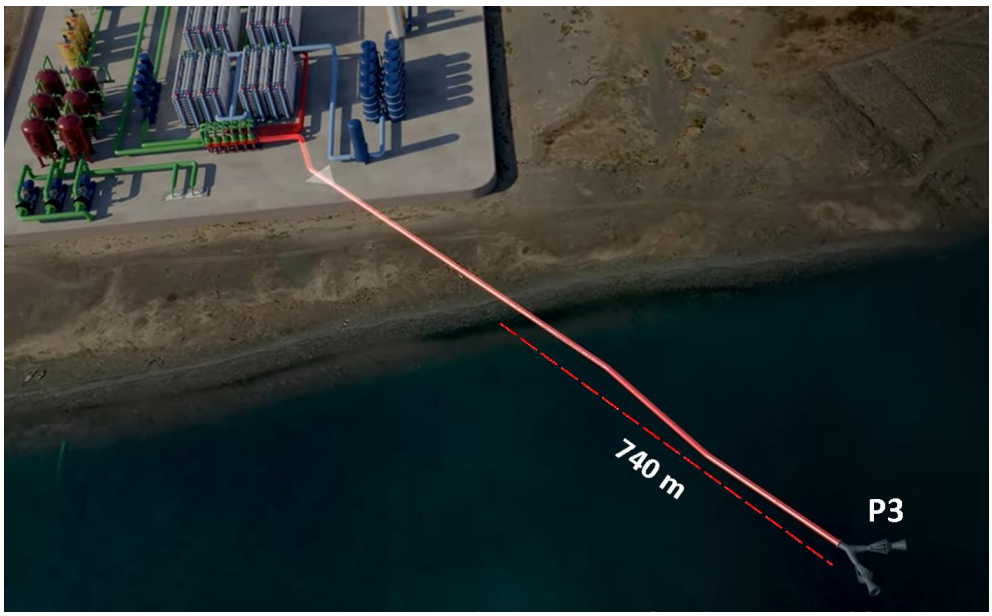
A) Salmueraducto de obra de descarga

En el Proyecto Punta La Paz, la obra de descarga del salmueraducto constituye un componente fundamental que debe ser diseñado y evaluado con base en criterios tanto hidráulicos como normativos. No obstante, su relevancia va más allá de los aspectos técnicos, ya que se convierte en un elemento crítico para garantizar la compatibilidad del proyecto con la conservación del entorno marino.

Entre las estrategias clave se considera la incorporación de difusores que faciliten una dispersión controlada del efluente, la modelación de la pluma de salmuera para prever su comportamiento en el entorno costero, y la selección de sitios de descarga alejados de áreas sensibles, como zonas de reproducción, arrecifes o hábitats vulnerables. Asimismo, se plantea el establecimiento de monitoreos ambientales periódicos que permitan validar el cumplimiento de parámetros de calidad y detectar posibles afectaciones a la biodiversidad marina (Fernández-Torquemada et al., 2019).

En conjunto, estas medidas buscan mitigar los riesgos asociados al proceso de descarga y promover un equilibrio entre el desarrollo tecnológico, la protección ecológica y la viabilidad económica del proyecto. Bajo este marco de referencia, y considerando las características específicas del sitio, se presenta en la Figura 2.63 la propuesta conceptual de la obra de descarga, orientada hacia una solución sustentable e integrada con el entorno costero.

Figura 2.63 Representación de la obra de descarga – salmueraducto en punta colorada. Punta La Paz



Las características de los diferentes materiales de fabricación disponibles en el mercado de la línea de conducción de salmuera, en el emisor marino se muestran en la Tabla 2.26.

Tabla 2.26 Características de materiales de fabricación de línea de emisor marino.

Material	Propiedades	Usos comunes
HDPE. Polietileno de alta densidad	Resistente a la salinidad, económico, ligero, flexible.	Cuerpos del eductor, tuberías de emisarios.
PVC reforzado de clase marina	Fácil de trabajar, bajo costo, resistente a químicos.	Segmentos internos o de bajo estrés.
Acero inoxidable 316L o dúplex	Alta resistencia mecánica y a la corrosión.	Fijaciones, flanches, partes estructurales.
Fibra de vidrio reforzada (GRP/FRP)	Alta resistencia química, liviano, no conductor.	Estructuras externas, tramos de emisario.
Titanio	Excelente contra corrosión, muy caro.	Aplicaciones de alta exigencia o militares.

Para el caso de Proyecto Punta La Paz BCS, se propone la línea del emisario marino de HDPE de 5 pulgadas con PN16 y DR 11. Para evitar flotabilidad se usarán lastres de concreto con un espaciado de 3 m, tal y como se recomienda en la Tabla 2.27

Tabla 2.27 Distancia aproximada entre los lastres (Christensen, 2006)

Diámetro nominal del ducto		Longitud aproximada	
in	mm	ft	m
< 12	< 300	5 a 10	1.5 a 3.0
>12 a 24	>300 a 600	7.5 a 15	2.3 a 4.6
>24 a 63	>600 a 1,600	10 a 20	3.0 a 6.1

En el diseño de la línea de conducción para la obra de descarga del Proyecto Punta La Paz, se utilizó una distribución estratégica de elementos de soporte con base en las recomendaciones técnicas para ductos submarinos. La Tabla 2.27 presenta las distancias óptimas entre lastres de concreto, determinadas en función del diámetro nominal de la tubería empleada. Estas distancias son críticas para garantizar la estabilidad estructural del ducto, prevenir movimientos indeseados por oleaje y corrientes, y asegurar la integridad hidráulica del sistema.

Como parte de la solución constructiva, se estableció una tubería de conducción con una extensión total de 740 metros desde la obra de toma hasta las instalaciones de la planta desalinizadora. El diseño incluye 246 lastres de concreto, dispuestos de manera regular a lo largo del trazado submarino.

Los diseños conceptuales correspondientes a esta configuración se encuentran ilustrados en la Figura 2.57, Figura 2.58 y Figura 2.59. Estos esquemas permiten visualizar la solución técnica adoptada y respaldan el enfoque estructural implementado para asegurar la funcionalidad del sistema de captación y conducción.

Figura 2.64 Línea de toma de mar directa de HDPE para Punta La Paz

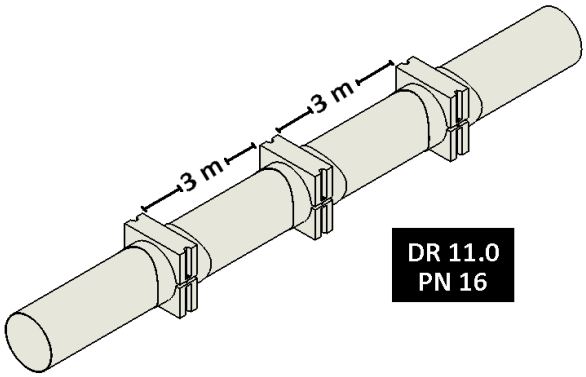


Figura 2.65 Línea de toma de mar directa de HDPE para Punta La Paz B.C.S. Vista frontal.

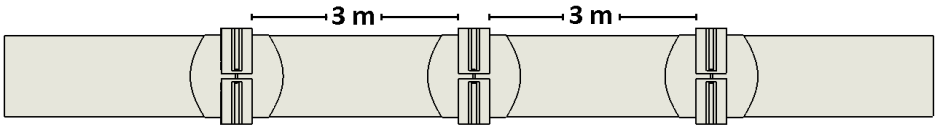
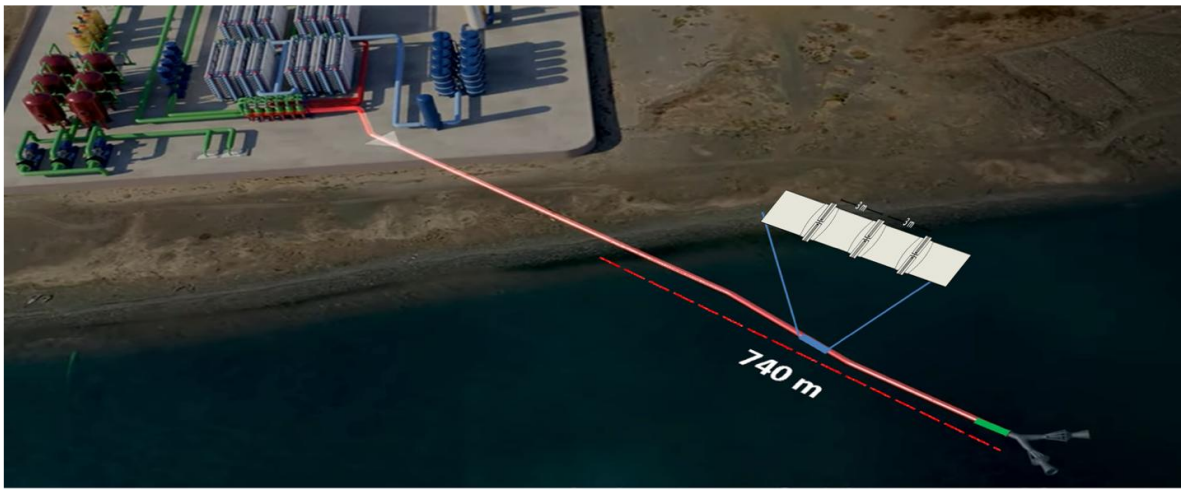
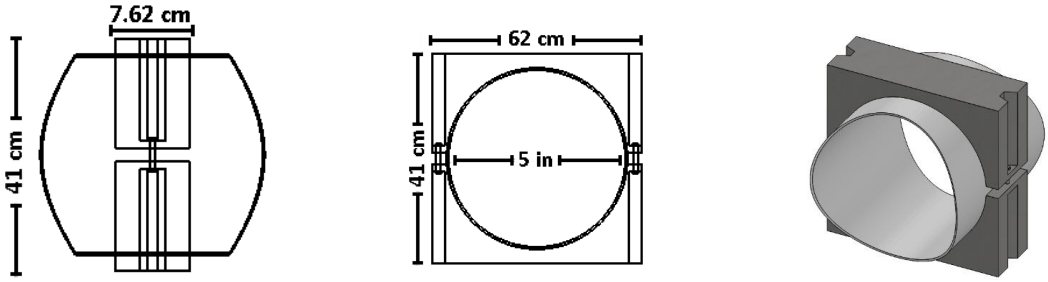


Figura 2.66 Emisor marino de HDPE con lastre de concreto para Punta La Paz



En la Figura 2.60, se muestran diferentes cortes del emisario marino y dimensiones del lastre de concreto.

Figura 2.67 Dimensiones de lastre de concreto para salmueraducto de HDPE.



B) Eductores de dispersión para obra de descarga

En sistemas de descarga submarina de plantas desalinizadoras, el eductor de dispersión constituye un dispositivo hidráulico diseñado para mejorar la eficiencia de mezcla entre el efluente salino (salmuera concentrada) y el agua de mar circundante. Su operación se basa en el principio de aceleración del chorro, lo que facilita una dilución inicial más rápida, minimizando la concentración salina en las inmediaciones del punto de vertido (Amiri et al., 2024).

Durante el proceso de ósmosis inversa alimentado con agua marina, se genera una corriente residual con concentraciones típicas de sólidos disueltos totales (SDT) que oscilan entre 45,000 y 75,000 mg/L. En el caso específico del Proyecto Punta La Paz, la salmuera de rechazo presenta una concentración de 70,000 mg/L de SDT, lo que exige soluciones técnicas orientadas a limitar la huella ambiental del vertido.

Para favorecer la dispersión del efluente, se propone el uso de eductores como parte del diseño de una obra de descarga difusora, equipada con múltiples boquillas orientadas estratégicamente. Esta configuración permite controlar la dirección y profundidad del chorro salino, evitando fenómenos de estratificación, acumulación salina y afectaciones a ecosistemas vulnerables, incluyendo especies como el tiburón ballena, presente en la zona (Alzahrani et al., 2024; González-Acosta et al., 2018).

En el diseño específico del proyecto, se incorporarán dos eductores de doble boquilla con descarga divergente, diseñados para manejar un rechazo de 15 L/s de salmuera generado por el sistema de ósmosis inversa. Esta solución busca optimizar la mezcla inicial y limitar el área de impacto ambiental directa. Los dispositivos propuestos se encuentran ilustrados en la Figura 2.68, como parte de la propuesta conceptual de la obra de descarga.

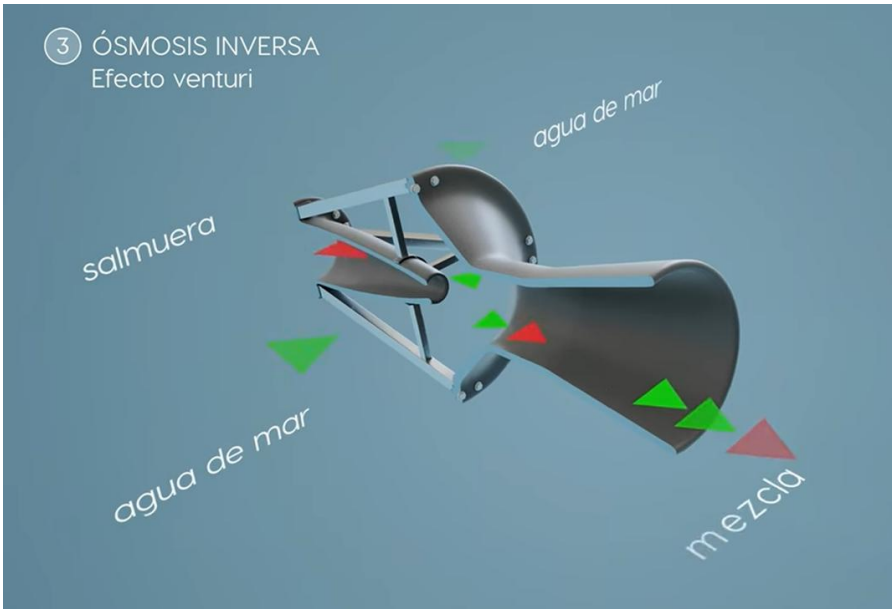
Figura 2.68 Eductores de obra de descarga – salmueraducto de doble boquilla.



C) Características de los Eductores de dispersión para obra de descarga

El principio de operación es mediante efecto de succión (efecto venturi) que mezcla la salmuera con agua marina ambiente, logrando una dispersión más rápida y eficiente. La configuración del eductor permitirá una relación de caudales de 4 a 1, Figura 2.69 (Portillo et al., 2013).

Figura 2.69 Efecto venturi en eductores de doble boquilla con relación de caudal de 4 a 1.



Las características de los eductores de doble boquilla divergente se muestran en la tabla

Tabla 2.28 Características de operación de eductor divergente

Característica	Descripción
Tipo de flujo	Chorro con aspiración lateral inducida (efecto jet).
Configuración	Dos boquillas dispuestas en forma de "Y" o "V" simétrica, o con ángulos divergentes entre 15° y 60°.
Diámetro de boquilla	Comúnmente entre 50 mm y 150 mm por salida, dependiendo del caudal de diseño.
Relación de mezcla	Puede alcanzar entre 1:20 y 1:50 en la etapa de mezcla inicial, según diseño. Entre 50 y 500 metros ya alcanza la relación del medio marino local
Velocidad de salida	Alta velocidad de 3–5 m/s para lograr un chorro penetrante que induce mezcla.
Longitud de penetración	Calculada según densidad relativa, salinidad, temperatura y velocidad de corriente.
Orientación	Angulada hacia arriba (15°–45°) u horizontal, para maximizar la dispersión dependiendo de la batimetría y corriente.
Instalación	En emisarios submarinos, fijado mediante abrazaderas o estructuras tipo "riser". Puede ser retráctil para mantenimiento.

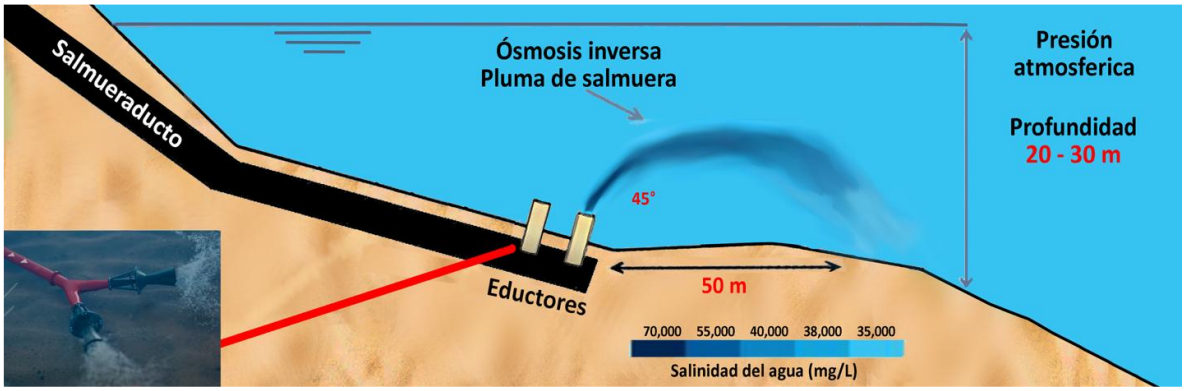
D) Cuidado y mantenimiento de eductores

Para garantizar que el funcionamiento del eductor se mantenga dentro de los límites legales de salinidad, específicamente por debajo de 2 PSU sobre el nivel natural a una distancia de 100 metros del punto de emisión, es imprescindible aplicar un programa de mantenimiento y limpieza periódica. Este procedimiento está orientado a eliminar incrustaciones minerales, presencia de biofouling y acumulación de sedimentos, los cuales pueden afectar la eficiencia hidráulica del sistema de descarga y comprometer su capacidad de dispersión.

Las operaciones de inspección submarina desempeñan un papel clave en la verificación de la integridad estructural de las boquillas, su orientación y flujo efectivo, condiciones esenciales para una dispersión homogénea del efluente salino. Además, se debe implementar un esquema de monitoreo ambiental continuo, enfocado en vigilar parámetros críticos como la salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y composición biológica en el área de influencia. Este seguimiento permite anticipar impactos adversos y garantizar que el sistema de desalinización se mantenga dentro de estándares sostenibles y respetuosos con el ecosistema costero (Amiri et al., 2024).

La Figura 2.70 complementa esta descripción mediante la presentación del esquema conceptual de la obra de descarga, en el cual se integran los elementos técnicos considerados para lograr una solución de bajo impacto.

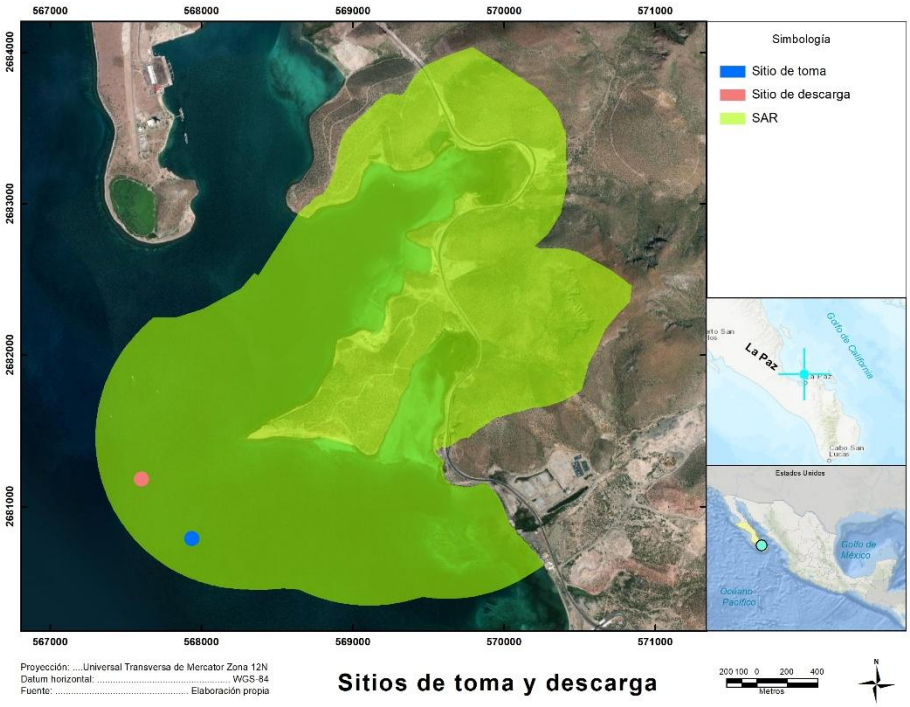
Figura 2.70 Eductores de obra de descarga – salmueraducto de doble boquilla.



La distancia entre la toma y descarga es de 515 metros.

Estructuras	Coordenadas UTM WGS84 (m)	
	Este	Norte
Obra de toma	567,935.00	2,680,790.00
Descarga - Difusor	567,602.00	2,681,183.00

Figura 2.71 Obra de toma y descarga en la zona marina.

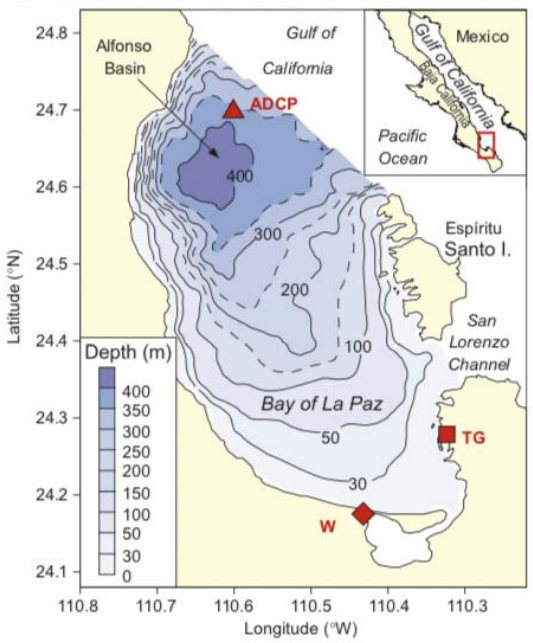


Caracterización hidrológica e hidrodinámica

Batimetría y nivel del mar

La Bahía de La Paz exhibe un claro gradiente batimétrico, caracterizado por zonas poco profundas distribuidas a lo largo de la cuenca, cuya profundidad máxima promedio ronda los 50 metros. En contraste, las secciones situadas al norte contienen áreas significativamente más profundas, entre ellas la Cuenca Alfonso, que representa la región más honda de la bahía y alcanza profundidades superiores a los 400 metros (Sánchez-Velasco et al., 2006).

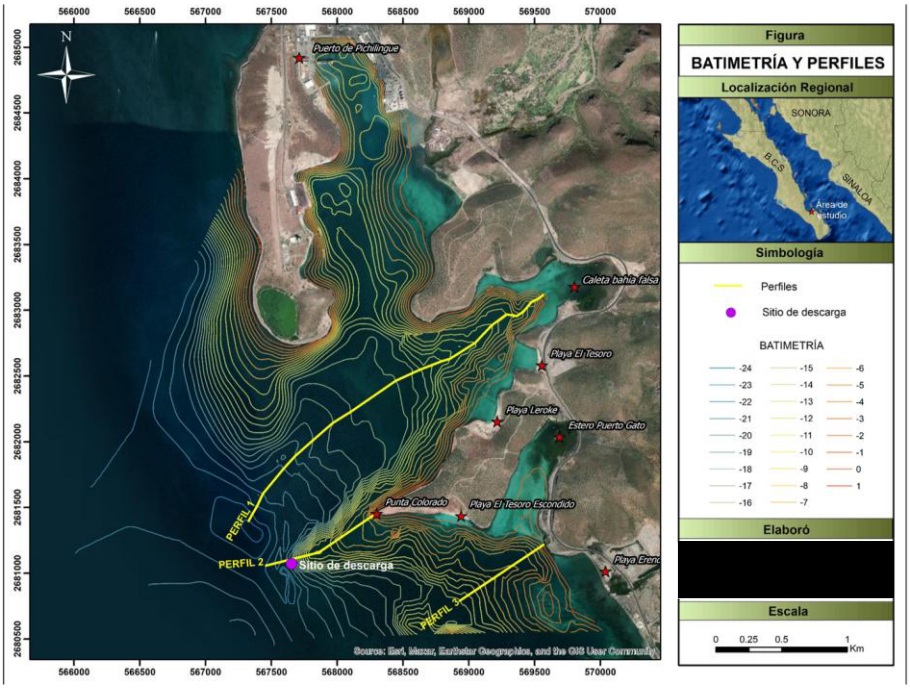
Figura 2.72 Batimetría general de la Bahía de La Paz.



Metodología Batimétrica

Para la configuración del modelo batimétrico se recurrió a dos fuentes principales. En la zona oceánica, donde las profundidades superan los 25 metros, se utilizaron datos de la Carta Batimétrica General de los Océanos (GEBCO, 2020), los cuales ofrecen una resolución horizontal de 450 metros. Por otro lado, las áreas costeras con profundidades menores a 25 metros fueron caracterizadas mediante datos puntuales obtenidos con ecosonda (Figura 2.73).

Figura 2.73 Batimetría y perfiles.



Se graficaron los diferentes perfiles batimétricos del área de estudio; como parte del preanálisis para elegir los puntos para la modelación. De la Figura 2.74 a la Figura 2.76 se presentan estos perfiles.

Figura 2.74 Perfil de Caleta Bahía Falsa a la cota -24 m.

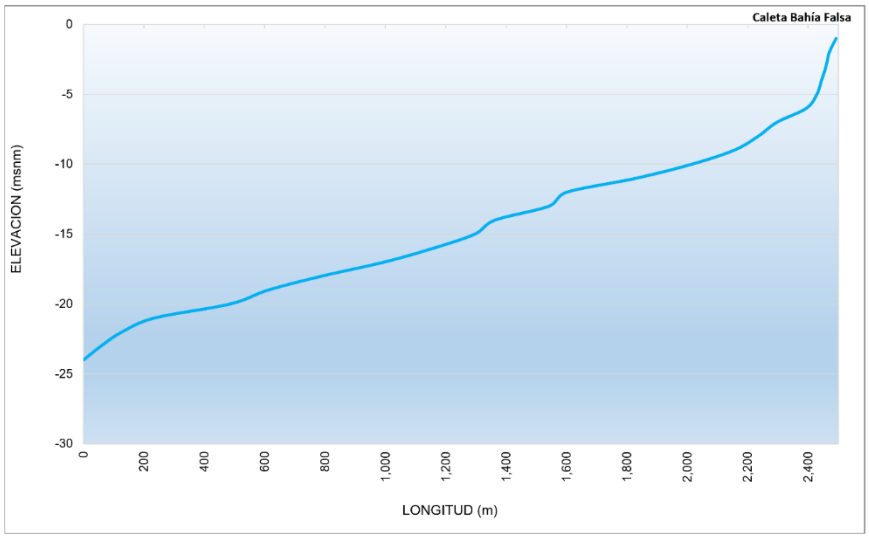


Figura 2.75 Perfil de Punta Colorada a la Cota -24 m.

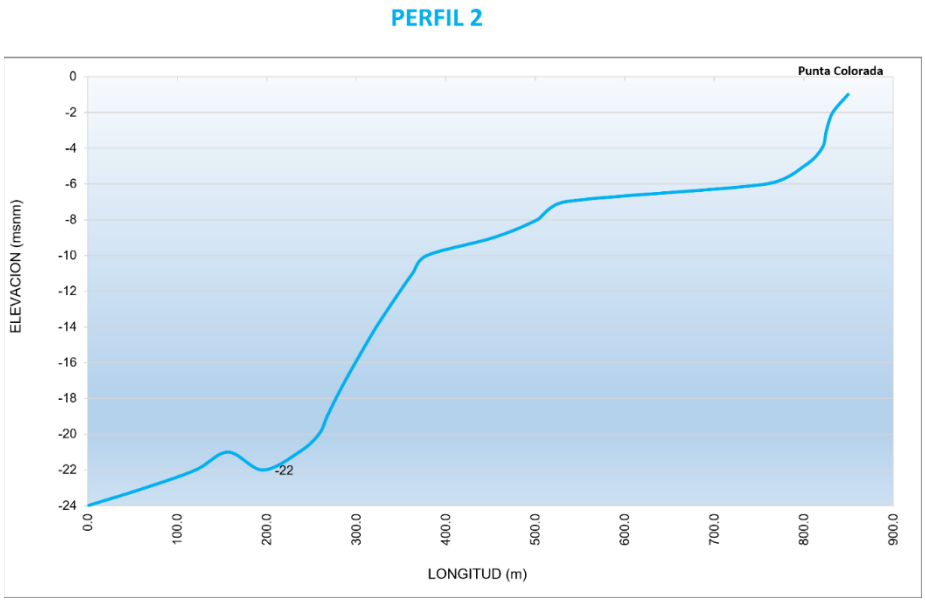
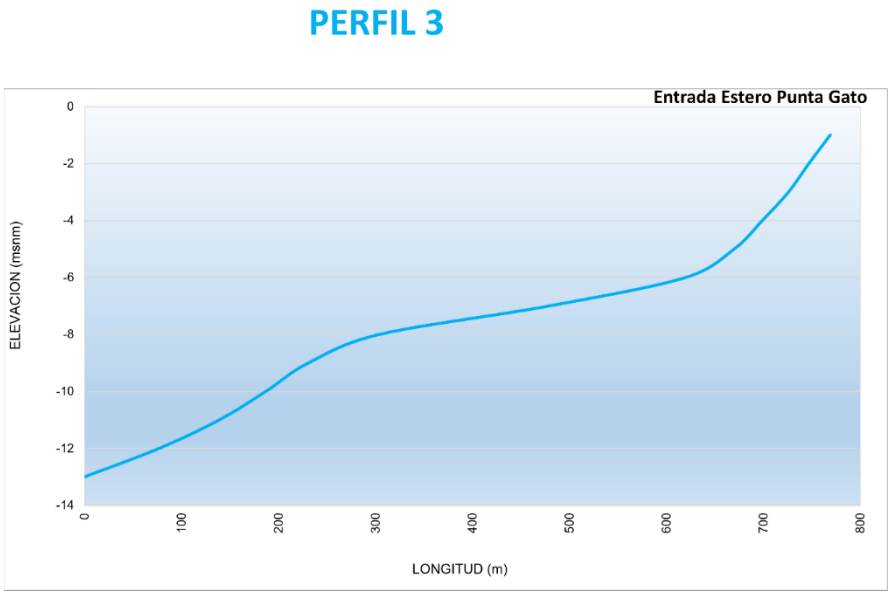


Figura 2.76 Perfil de la cabeza de Estero Puerto Gato a la cota -13 m.



Según los perfiles batimétricos analizados, el tramo que se extiende desde Punta Colorada presenta la pendiente más pronunciada hasta alcanzar los -20 metros de profundidad. La forma del perfil y el ángulo de descenso hacia esta cota resultan factores clave, ya que representan una barrera física para el ascenso de la pluma de agua más densa. Dicha pluma, al tener mayor peso por su salinidad o temperatura, tiende naturalmente a desplazarse hacia zonas más profundas bajo la influencia de la gravedad, dificultando su retorno hacia capas superficiales.

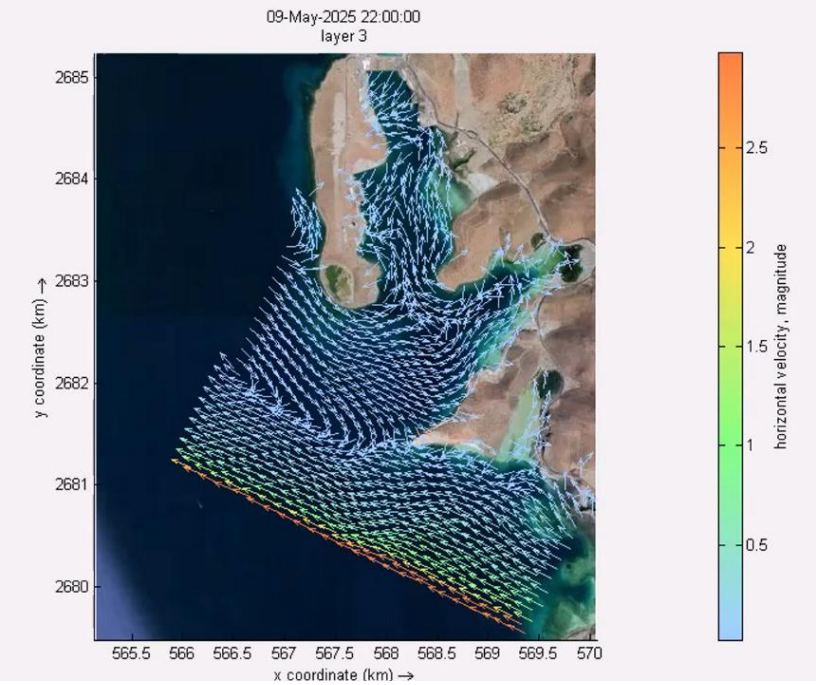
Circulación de fondo

La simulación realizada con el modelo Delft3D para el proyecto Punta La Paz revela un patrón característico de circulación durante el periodo primavera-verano. Este comportamiento responde a tres condiciones iniciales que influyen directamente en el modelo:

- **Mareas**: Ingresan por dos fronteras del área de simulación (este y oeste), generando el flujo de entrada y salida de masas acuáticas en el sistema.
- **Viento**: Distribuido de manera uniforme sobre toda el área superficial del modelo, contribuye activamente a la dinámica de las corrientes superficiales.
- **Corrientes superficiales externas**: Penetran por la tercera frontera abierta del modelo, incorporando movimiento adicional a la capa superficial.

Como resultado de estas interacciones, el modelo identifica dos patrones principales de circulación. Uno de ellos es una corriente persistente localizada en el sector sur de Punta La Paz, que fluye en dirección sureste a noroeste dentro del área de estudio. Este flujo se origina en playa Eréndira, recorre el frente del Estero Puerto Gato, continúa por playa El Tesoro Escondido y alcanza Punta Colorada, desde donde se dirige hacia las zonas más profundas situadas frente a esta última (Figura 2.77).

Figura 2.77 Vectores de corriente en dirección Sureste-Noroeste.

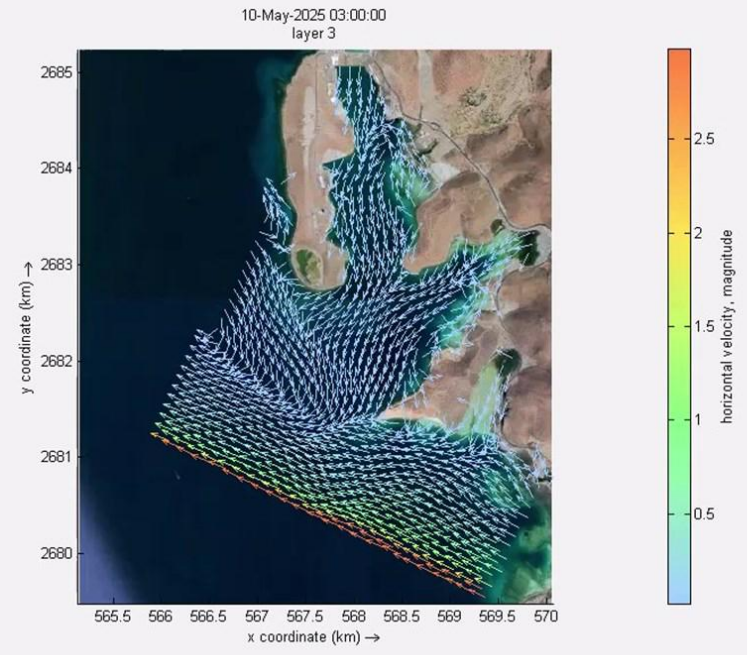


El segundo patrón de circulación identificado en el modelo Delft3D está fuertemente condicionado por el estado de las mareas y la profundidad del análisis. La intensidad y dirección de las corrientes varían según el ciclo mareal, presentando dos dinámicas diferenciadas:

- **Marea ascendente**: Durante el ascenso de la marea, las corrientes ingresan desde la boca de la Bahía de Pichilingue, desplazándose hacia el interior del puerto y extendiéndose hacia el estero conocido como “Caleta Falsa” (Figura 2.77).

- **Marea descendente (baja)**: En periodos de marea baja, las corrientes se invierten y permiten la salida de las masas de agua. El flujo inicia en la cabecera de la Bahía de Pichilingue y en la cabecera del estero “Caleta Bahía Falsa”, desplazándose hacia la parte inferior de playa Leroke. Desde ahí, el flujo se dirige hacia Punta Colorada, incorporándose a la corriente principal que se aleja en dirección noroeste fuera del área del proyecto (Figura 2.78).

Figura 2.78 Vectores de corrientes de fondo saliendo de la Bahía de Pichilingue, Caleta Falsa y Estero Puerto Gato.



Estudio del modelaje de la descarga de la salmuera

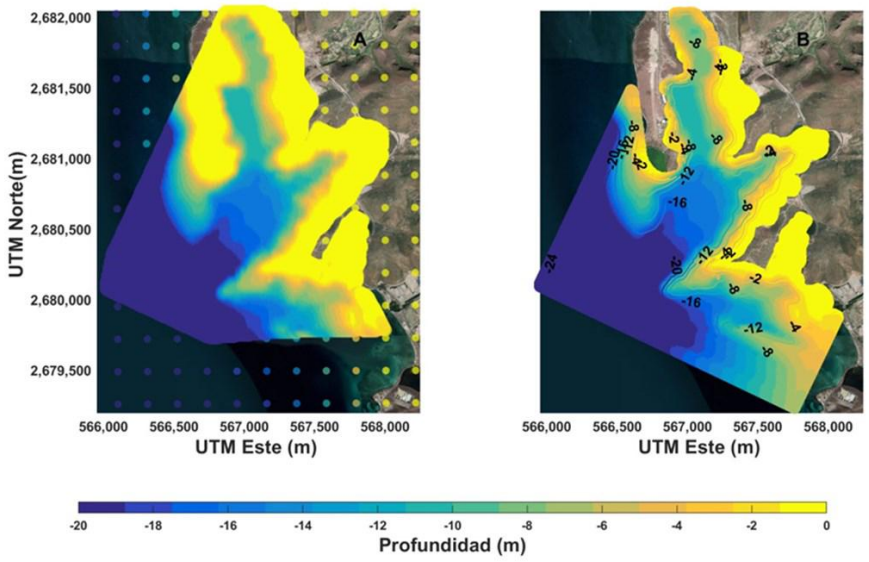
Como se presenta en el Capítulo 4, Anexo 4.3, se realizaron modelaciones numéricas sobre la hidrodinámica para identificar la zona de difusión de la salmuera de la descarga, tanto para evaluar el impacto ambiental de la descarga como para ofrecer una guía para el diseño futuro de las estructuras de toma y descarga.

Metodología del modelaje realizado

En este estudio se utilizó el modelo numérico Delft3D para evaluar la circulación y la dilución de la pluma de salinidad generada por la descarga de salmuera proveniente de una planta desaladora propuesta para un desarrollo turístico en el Proyecto Punta La Paz, Baja California Sur. Se configuró una malla regional con resolución espacial de 20 metros, refinada hasta 5 metros en las zonas de descarga, y sobre esta se integró un modelo de elevación digital (MED) basado en datos batimétricos recolectados en campo.

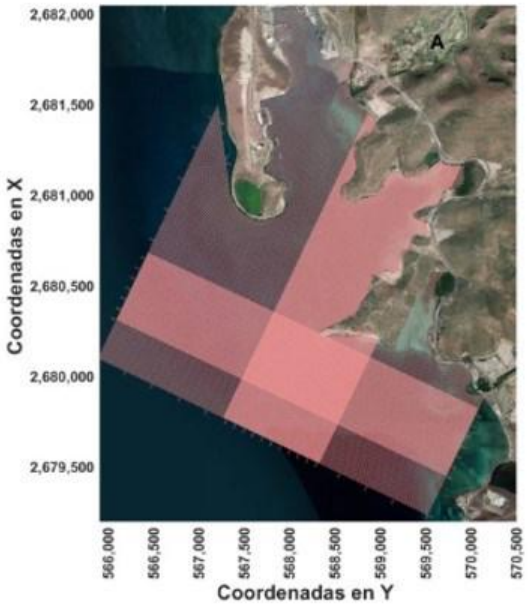
Ambos conjuntos de datos fueron combinados para generar un Modelo de Elevación Digital (MED), referido al datum WGS 84,R12, representado en la Figura 2.79

Figura 2.79 A) Puntos batimétricos tomados de la carta GEBCO y mediciones puntuales mediante ecosonda. B) Modelo de elevación digital obtenido para Delft3D.



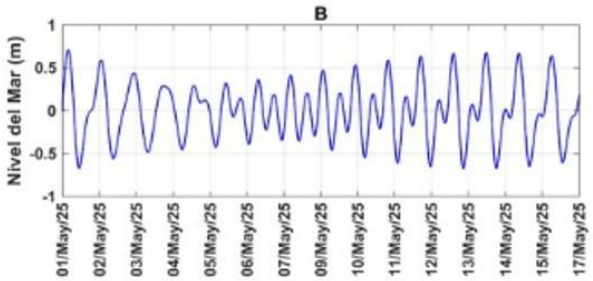
El Modelo de Elevación Digital fue proyectado sobre una malla computacional estructurada con resolución espacial variable: 20 m × 20 m en la mayor parte del dominio y 5 m × 5 m en las zonas cercanas a los puntos de descarga (Figura 2.80), con el objetivo de capturar adecuadamente los patrones de circulación del proyecto Punta La Paz

Figura 2.80 Malla configurada sobre la Bahía de Pichilingue y estero Puerto Gato.



Las simulaciones abarcaron un periodo de 17 días durante mayo de 2025, incluyendo fases de mareas vivas y muertas. Las condiciones de frontera se forzaron con datos del modelo global de mareas FES2014 (Figura 11). Se incorporaron también datos estadísticos de viento del reanálisis ERA5 de Copernicus. Esta singular zona costera está expuesta a los vientos estacionales del norte y a las circulaciones hídricas anuales proporcionadas por los remolinos de la Bahía de la Paz (BLP), En: Darren-Whitehead, 2019.

Figura 2.81 Forzamiento de marea obtenido de FES2014.



Construcción de escenarios.

Una vez construido el Modelo de Elevación Digital se simularon eligieron 6 ubicaciones geográficas distintas (Tabla 2.29); para simular la localización de la descarga para una planta desaladora (PDOI).

Se analizaron estos 6 sitios con el propósito de determinar si su ubicación tendría influencia en la dispersión de la salmuera. Además, rodeando el área del proyecto podríamos contar con la información de la dispersión en cada área de importancia como son la Caleta Bahía Falsa, el Estero Puerto Gato y principalmente el área de Interés del Área de Balandra, contando así con la información para el análisis de la interacción de la descarga de alta densidad con la hidrodinámica local.

Tabla 2.29 Coordenadas de los sitios para modelación de la descarga.

SITIOS PARA DESCARGA		
ESCENARIOS PARA MODELACIÓN FINAL		
PUNTO	**COORDENADA E**	**COORDENADA N**
I	567,935.00	2,680,790.00
II	567,681.00	2,680,935.00
III	567,602.00	2,681,183.00
IV	567,722.00	2,681,357.00
V	567,897.00	2,681,468.00
VI	567,777.00	2,681,677.00

Una de las fuerzas que determina las corrientes en la zona de estudio es precisamente la subida y bajada de la marea. Por ello, cada una de las simulaciones consistió en correr en el modelo Delft3D un periodo de 17 días abarcando el periodo de mareas vivas y muertas para la época de primavera-verano.

Para los 6 escenarios que se analizaron se utilizaron las mismas variables de entrada al modelo.

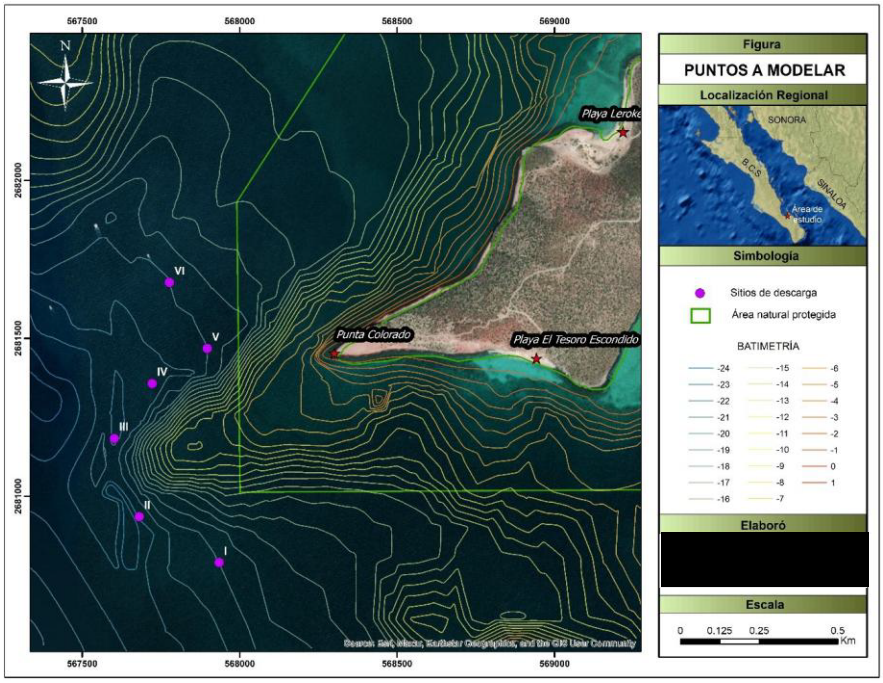
Tabla 2.30 Variables de entrada para el modelo numérico de 6 escenarios.

ESCENARIOS PARA MODELACIÓN FINAL		
Variables	**Cantidades**	**Comentarios**
Caudal de salida del agua de rechazo	15 l/s	
Profundidad de descarga	-20 metros	Entre las profundidades de 0 y -20 metros es donde se alimenta el tiburón ballena
Diámetro de la descarga	5”	
Velocidad de flujo en la salida	1.5 m/s	Valor calculado con bombeo a la profundidad de -20m
Material de la tubería	HDPE PN 16	
Salinidad	70 partes por mil (PPT)	Valor típico proveniente del

En la Figura 2.82 se observa la distribución de los 6 sitios geográficos elegidos. En cada uno de los casos, se tomó en cuenta ubicarlos sobre la cota de los 20 metros de profundidad y después de las primeras modelaciones se decidió ubicar el sitio PIII en la cota de los 22 metros de profundidad.

En todos los casos la ubicación se eligió tomando en cuenta la ubicación del polígono del área de interés de ANP Balandra, evitando en todo momento cruzar el límite de esta zona.

Figura 2.82 Puntos I al VI ubicados alrededor de Punta Colorada.



Resultados del modelaje de la pluma de dispersión

Las figuras correspondientes presentan capturas de pantalla para cada una de las seis corridas del modelo Delft3D, aplicadas a los sitios seleccionados en el estudio. En todos los escenarios es posible identificar, aunque de forma sutil, un pequeño punto de color azul más claro en comparación con el resto de la malla numérica.

Según la escala de salinidad utilizada, este punto exhibe valores inferiores a 35.305 ppt, lo cual indica que existe un proceso de dilución localizado. Esta dilución ocurre en las inmediaciones de la zona donde se libera el agua de alta densidad, reflejando una interacción puntual entre masas con diferente concentración salina.

Figura 2.83 Captura de pantalla de modelación P1 (I)

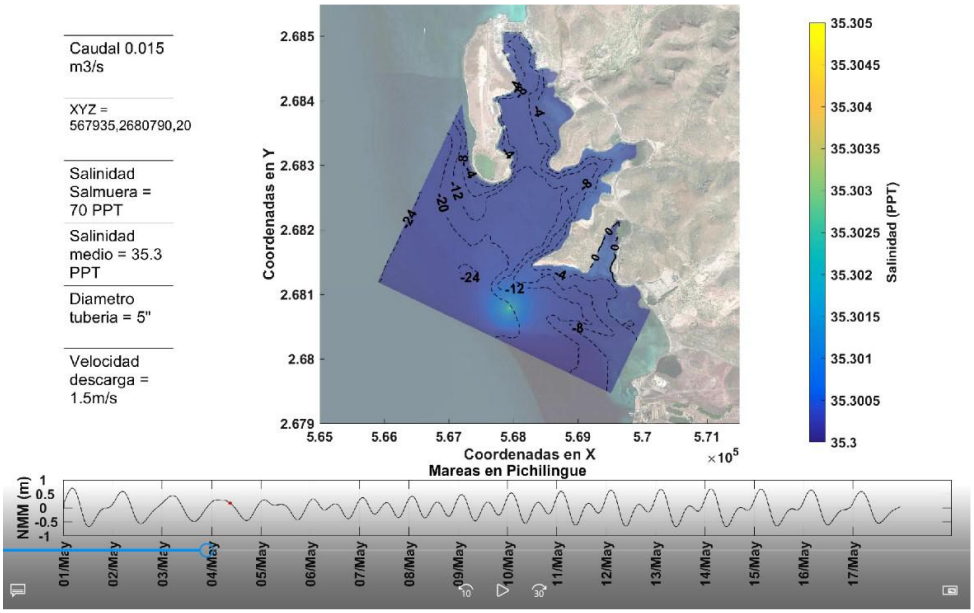


Figura 2.84 Captura de pantalla de modelación P2 (II)

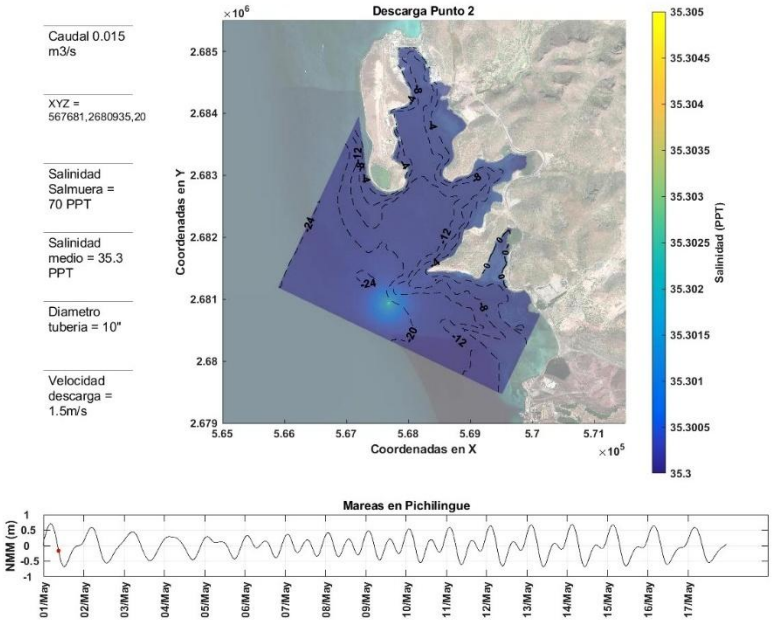


Figura 2.85 Captura de pantalla de modelación P3 (III)

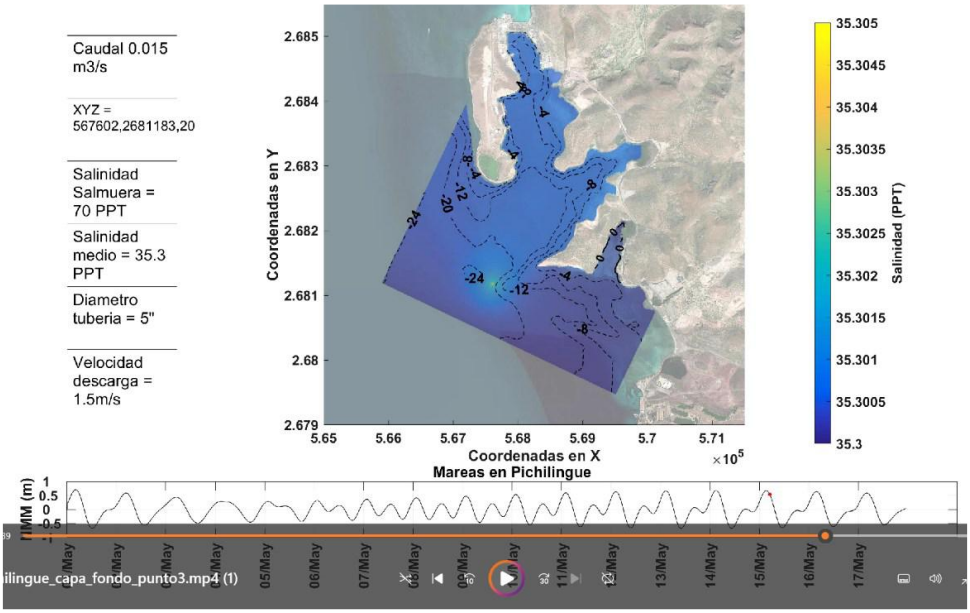


Figura 2.86 Captura de pantalla de modelación P4 (IV)

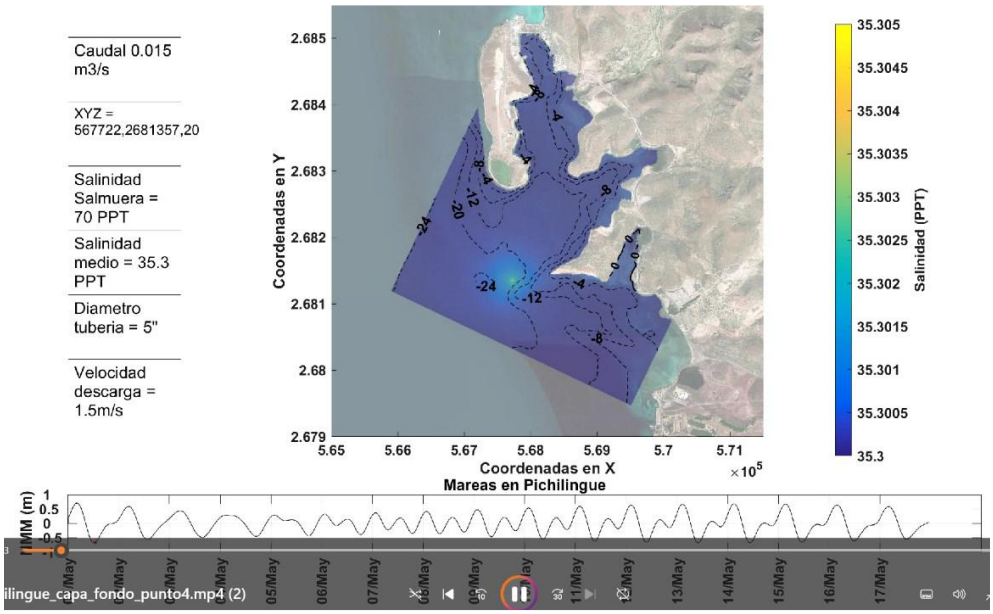


Figura 2.87 Captura de pantalla de modelación P5 (V)

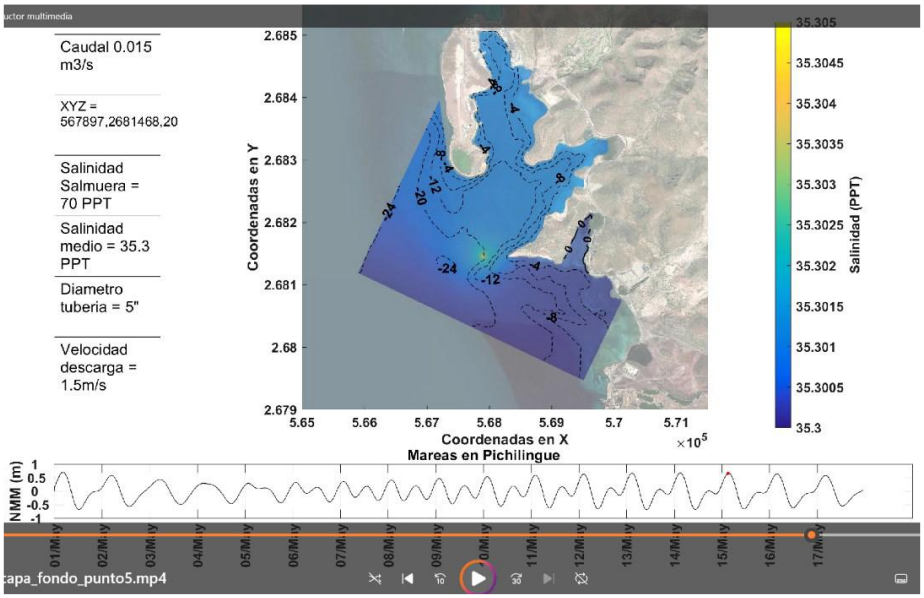
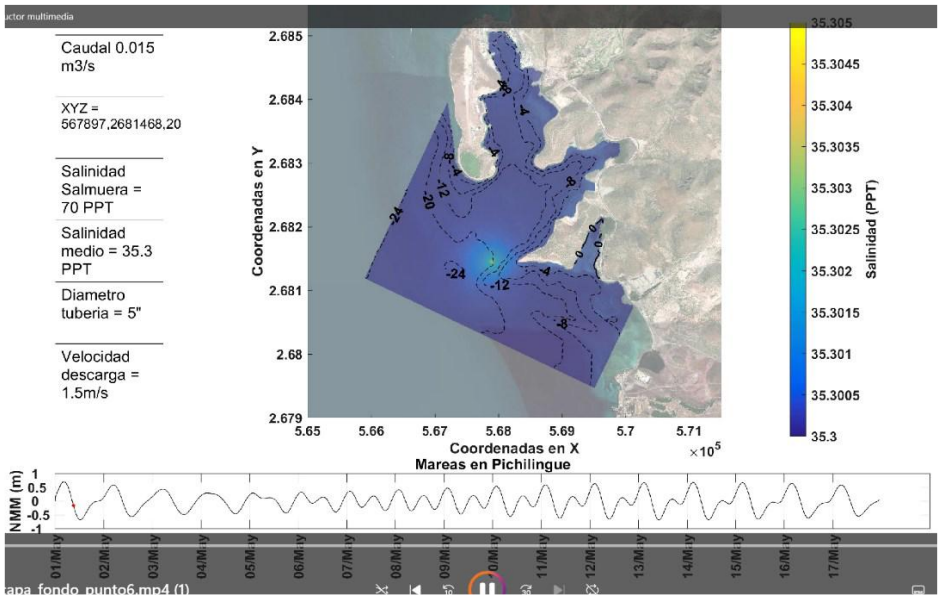


Figura 2.88 Captura de pantalla de modelación P6 (VI)



A lo largo de las seis simulaciones realizadas, se identificó un patrón consistente en las gráficas: aparece un punto muy reducido donde las salinidades máximas alcanzan 35.305 ppt. Este valor indica una leve dilución del agua en el área modelada.

✏️ La observación más destacable es que los niveles de salinidad inferiores a 36 ppt se presentan exclusivamente en un radio menor a los 50 metros desde el punto de liberación. Esta condición sugiere que el efecto de dilución es altamente localizado, sin propagación significativa hacia zonas más amplias de la malla numérica.

Dilución de la descarga salina

La densidad del agua de mar está directamente relacionada con su salinidad. Por ejemplo, a una temperatura de 25 °C, el agua con una salinidad de 35.3 ppt posee una densidad aproximada de 1024 kg/m³. Si esa salinidad se duplica a 70 ppt, la densidad aumenta a cerca de 1050 kg/m³, lo que representa un incremento cercano al 2.5%. Sin embargo, esta relación no es completamente lineal, debido a que factores como la solubilidad y la compresibilidad del agua salina cambian con la concentración. En el caso del modelo analizado, se estima que la salmuera presenta una diferencia de densidad de aproximadamente 26 kg/m³ en comparación con el agua marina estándar.

Esta diferencia favorece, especialmente en descargas a 20 metros de profundidad, que la pluma de salmuera permanezca cerca del fondo marino en el corto plazo y se disperse de forma horizontal. Además, variables como la estratificación térmica, la presencia de corrientes marinas y la topografía del fondo marino pueden influir significativamente en la eficiencia del proceso de dilución. Cuando estas condiciones son favorables, contribuyen a una atenuación más rápida del impacto en la superficie del ecosistema marino.

Factores que afectan el comportamiento de la pluma de alta densidad (salinidad)

El vertido continuo de agua de descarga proveniente de la Planta Desaladora de Ósmosis Inversa (PDOI) genera una pluma de alta densidad debido a su elevada salinidad. Esta pluma puede adoptar distintas formas dependiendo de las condiciones ambientales y oceanográficas presentes en el medio receptor.

Por un lado, cuando predomina el efecto gravitacional asociado a la diferencia de densidad, la pluma tiende a descender verticalmente y mantenerse cerca del fondo marino. Por otro lado, si existen corrientes marinas suficientemente intensas, la pluma puede ser transportada lateralmente, adoptando una forma horizontal más extendida.

En el escenario analizado, se observa una disminución progresiva de la salinidad desde un máximo de 70 ppt en la zona de descarga hasta valores cercanos a los 35.3 ppt, propios del entorno marino receptor. Este gradiente salino sugiere que la dilución ocurre de forma localizada y es influenciada por factores hidrodinámicos clave como la velocidad de las corrientes, la estratificación del agua y la morfología del fondo.

Conforme la salmuera descargada al medio marino se dispersa, eventualmente alcanza una distancia en la que su efecto sobre la salinidad del entorno se vuelve mínimo o imperceptible. Este proceso de dilución está condicionado por varios factores clave: el diseño del difusor, el caudal de descarga, la profundidad en la que se realiza la inyección y las características de las corrientes marinas presentes. Cuando estos elementos se combinan de forma adecuada, favorecen una dispersión eficiente que reduce significativamente el impacto del vertido en la columna de agua, permitiendo que la salinidad se homogenice con los niveles naturales del ecosistema receptor.

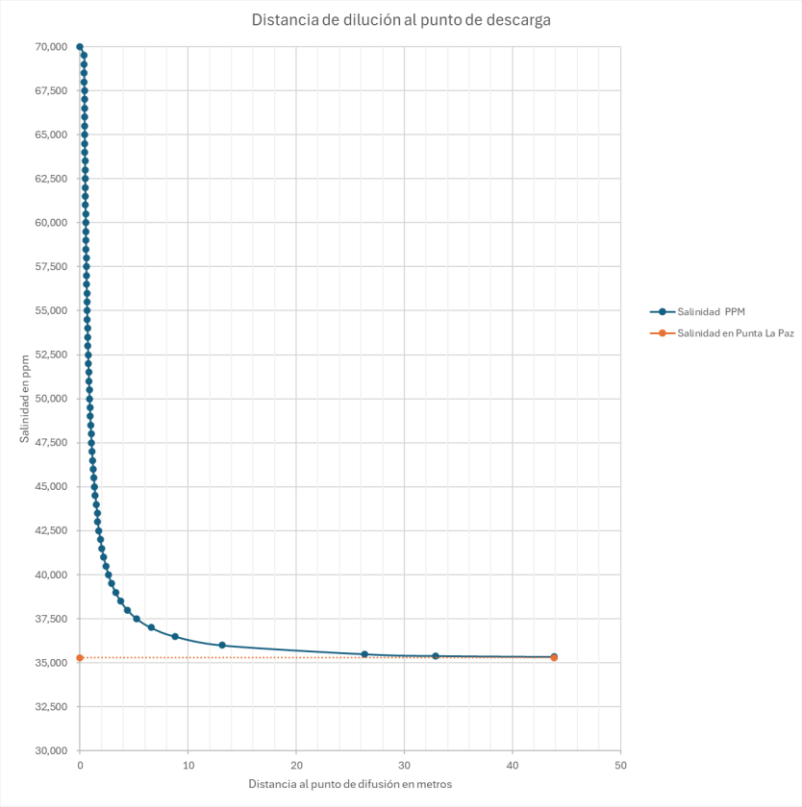
Dispersión de la descarga de alta densidad

Los resultados del modelo numérico Delft3D muestran una rápida dilución de la salinidad en los seis escenarios simulados. Tal como se presenta en la Gráfica de la Figura 20, se observa una disminución progresiva de la salinidad en función de la distancia desde el punto de descarga.

En todos los casos, la concentración alcanza un valor de 35.3 ppt a una distancia de aproximadamente 44 metros desde la salida de agua de alta densidad. Esta tendencia sugiere que, durante la temporada de primavera-verano y bajo las condiciones de entrada definidas en el modelo (incluyendo corrientes de fondo y viento), el comportamiento de dispersión de la salmuera descargada por la Planta Desaladora de Ósmosis Inversa (PDOI) está determinado principalmente por el caudal de descarga, estimado en 15 litros por segundo.

Con estas condiciones ambientales, se concluye que la salinidad se homogeniza con el medio receptor en menos de 50 metros, lo cual indica una dispersión eficiente y localizada.

Figura 2.89 Salinidad vs distancia desde el punto de salida de agua de alta densidad.



Toma de agua marina

Para garantizar la calidad del agua marina utilizada como fuente de alimentación para la Planta Desaladora de Ósmosis Inversa (PDOI), se recomienda que el punto de toma se ubique lo más alejado posible del área de interés ecológico de Balandra. Esta ubicación debe seleccionarse considerando zonas con óptimas condiciones de calidad del agua, es decir, con baja concentración de bacterias fecales y ausencia de compuestos ajenos al agua marina.

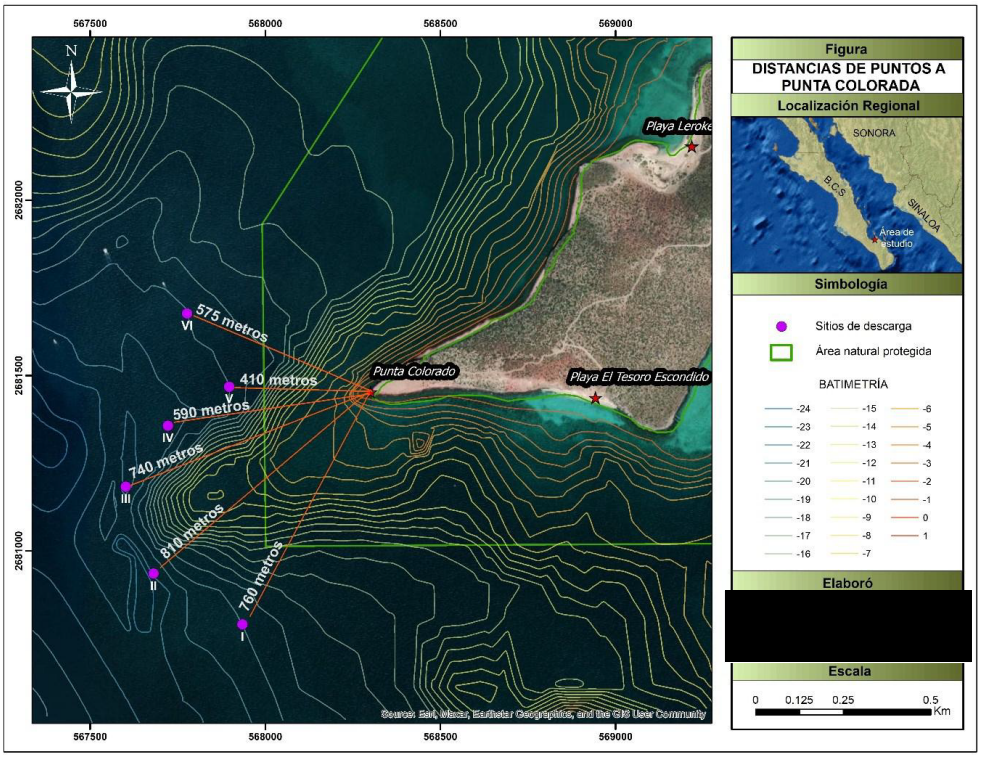
Durante los recorridos de campo realizados, se observó que las áreas más próximas al Puerto de Pichilingue presentan la proliferación de *Ulva lactuca*, un alga verde que, en muchas ocasiones, se asocia a la presencia de niveles elevados de materia orgánica. En consecuencia, se aconseja evitar la Bahía de Pichilingue y la Caleta Bahía Falsa como posibles puntos de captación, priorizando zonas más alejadas que aseguren condiciones más limpias y estables del recurso marino.

Figura 2.90 Área de playa El Tesoro, lado norte del proyecto.



Con los resultados de la modelación de los seis escenarios de descarga de agua de alta densidad ya disponibles, y tras constatar que las distancias de dispersión de la pluma eran similares en todos los casos, se realizó una comparación de las distancias entre los puntos de descarga y la Punta de Punta Colorada. Estas mediciones se presentan en la Figura 2.91.

Figura 2.91 Distancias de los puntos de evaluación (PI a PVI) al extremo de Punta Colorada.



La distancia entre cada uno de los puntos analizados reviste gran importancia, ya que incide directamente en la longitud de la tubería requerida, lo cual repercute tanto en los costos de construcción como en los gastos futuros de mantenimiento de la infraestructura.

Además de la distancia al extremo de Punta Colorada, otro parámetro clave considerado en este estudio es la proximidad de cada sitio modelado —en los seis escenarios simulados— al límite del Área de Interés de Balandra. Estas distancias permiten evaluar el potencial impacto ambiental y optimizar el trazado del sistema de descarga.

En la Tabla 2.31se observan las consideraciones que se tomaron para elegir los puntos de descarga de salmuera y de toma de agua marina.

Tabla 2.31 Comparativa de ventajas y desventajas de los sitios modelados

SITIO	DISTANCIA A P.C. (m)	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PI	750	Mejor sitio para colocar la toma de agua para la PDOI. Distancia al punto III mayor a 500 metros. Profundidad -20 metros, menor incidencia de luz y menor probabilidad de entrada de organismos planctónicos a las tuberías de llamada.	
PII	800		Es el sitio más alejado de Punta Colorada.

SITIO	DISTANCIA A P.C. (m)	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PIII	758	Distancia al límite del área de interés de Balandra (AIB): 420 m. El sustrato rocoso podría ayudar a prevenir de problemas de arrastre de anclas de embarcaciones. Profundidad -22 metros. Lo cual fomenta la salida de agua de alta densidad a las capas más profundas.	
PIV	591		Muy cercano al límite del AIB (distancia 280m).
PV	412		Muy cercano el límite del AIB (distancia 93m).
PVI	591		Muy cerca de la ruta de entrada a Puerto de Pichilingue

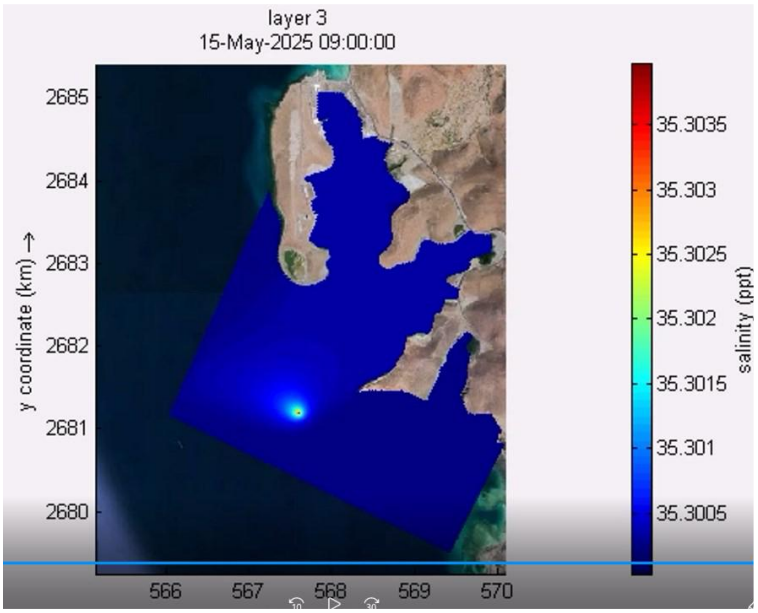
Una vez seleccionados los puntos más adecuados para la toma y descarga, se procedió a realizar nuevas modelaciones considerando dichos sitios. A continuación, se presentan las capturas de pantalla correspondientes a los escenarios simulados para la temporada de primavera-verano.

Sitio seleccionado para la descarga de agua de la PDOI

El sitio PIII fue identificado como la ubicación geográfica óptima para la descarga de agua de alta densidad generada por el proceso de la PDOI, debido a las siguientes ventajas:

- Se encuentra a 758 metros de Punta Colorada, lo que proporciona una distancia segura respecto a zonas sensibles.
- Está ubicado a 420 metros del límite del Área de Interés de Balandra (LAIB), ofreciendo un margen adecuado para que la pluma de descarga se mantenga alejada de dicho límite, bajo las condiciones de primavera-verano simuladas.
- La presencia de sustrato rocoso en la zona probablemente contribuye a reducir el riesgo de arrastre de embarcaciones y brinda mayor protección a la infraestructura.
- Con una profundidad de -22 metros y características de alta densidad, la pluma de descarga favorece la dilución hacia el fondo, alejándose naturalmente tanto de Punta Colorada como de los esteros y zonas de manglar cercanas.
- Las modelaciones realizadas indican la existencia de una corriente constante que se desplaza desde el sur de Punta Colorada en dirección noroeste y oeste, lo que también favorece la dispersión controlada de la descarga.

Figura 2.92 Captura de pantalla de simulación en Punto III



Sitio seleccionado para la toma de agua de la PDOI

El Punto I fue elegido como ubicación óptima para la toma de agua marina que abastecerá el proceso de la PDOI, gracias a los siguientes atributos:

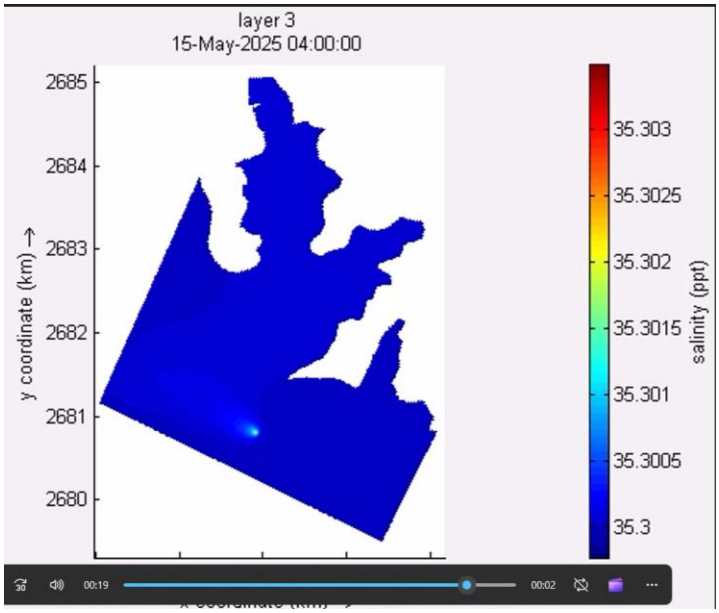
- Se encuentra alejado de la zona de influencia del Puerto de Pichilingue y de las áreas identificadas con alta concentración de materia orgánica, detectada por la presencia de la especie indicadora *Ulva lactuca*.

- Durante la temporada primavera-verano, correspondiente al periodo de modelación, no se observó evidencia de corrientes con dirección de oeste a este (según los vectores de la Figura 2.77 y Figura 2.78), lo que sugiere que el agua descargada desde el Punto III no alcanzaría el área de toma.

- Las modelaciones revelan una corriente persistente que fluye desde el área sur de Punta Colorada en dirección noroeste y oeste, favoreciendo la separación entre ambos puntos.

- Existe una distancia superior a 500 metros entre el Punto I (toma) y el Punto III (descarga), lo cual refuerza la seguridad operacional y minimiza el riesgo de interferencia entre ambas zonas.

Figura 2.93 Captura de pantalla de simulación en Punto I



2.5.3.4.4. Planta Desaladora de Ósmosis Inversa

Con base en los estudios hidrológicos, hidrogeológicos y de oceanografía realizados, se ha determinado que la alternativa más factible para garantizar el suministro de agua potable al proyecto es la desalación de agua de mar mediante toma directa. Esta solución representa la opción más eficiente y sostenible, considerando las características geológicas de la zona, las experiencias operativas previas y la normativa vigente.

Las demás alternativas evaluadas presentan diversos inconvenientes técnicos y normativos que limitan su viabilidad. En el caso de los pozos de captación dentro del predio, se requeriría perforar a profundidades significativas, entre 200 y 250 metros, lo que implicaría altos costos y baja eficiencia en la extracción, además de la necesidad de gestionar derechos de explotación ante las autoridades correspondientes.

Otra opción considerada fue la perforación de pozos en el frente de playa. Esta alternativa contempla la construcción de pozos a una profundidad aproximada de 25 metros, en la cantidad necesaria para cubrir la demanda de agua a desalinar. No obstante, esta alternativa está sujeta al cumplimiento estricto de la normatividad establecida por Conagua y SEMARNAT, particularmente los lineamientos publicados en el Diario Oficial de la Federación el 11 de mayo de 2017. Experiencias similares en el estado, como la planta desaladora de Los Cabos, han presentado dificultades operativas recurrentes, principalmente relacionadas con bajo caudal y la inactividad de los pozos playeros que la abastecen.

Con el propósito de conocer de manera precisa las condiciones hidrogeológicas de la zona y evaluar el comportamiento de los niveles del agua, se realizó un censo de aprovechamientos en el área del proyecto. Durante los recorridos de campo, se observó que no existen pozos de abastecimiento operativos, únicamente se identificaron norias excavadas en zonas de arroyo, con profundidades de entre 10 y 15 metros, utilizadas para aprovechar la zona aluvial. La geología predominante en el área está compuesta por rocas volcanoclásticas, lo cual representa una limitación adicional para la perforación de pozos eficientes.

Aproximadamente a dos kilómetros al sureste del predio se localizaron tres norias adicionales, con niveles estáticos que oscilan entre los 6 y 11 metros. Sin embargo, dentro del terreno del proyecto, se identificó un pozo colapsado a los 3.15 metros de profundidad, lo que impidió la evaluación de su nivel estático y descartó su posible aprovechamiento.

En resumen, debido a la combinación de factores técnicos, geológicos y normativos, la alternativa de desalación mediante toma directa de agua de mar se posiciona como la solución más adecuada para abastecer de agua potable al proyecto, superando significativamente las demás opciones exploradas.

En la Tabla 2.32 se muestran los sitios verificados los cuales corresponde a norias, así mismo se presentan las profundidades medidas del nivel de agua, las elevaciones (msnm) obtenidas una vez corregidas tomando en cuenta la elevación del nivel del terreno (elevación del nivel estático, en metros sobre el nivel del mar). En la Figura 4.7 se muestra el plano de localización de los sitios.

Tabla 2.32 Censo de pozos en el área del proyecto Punta La Paz.

Lugar	Clave	Tipo de aprovechamiento	Coordenadas WGS84			Brocal (m)	Prof. NE (m)	Prof. NE (m) corregido	Elevación del NE (msnm)
			Este	Norte	Elevación (msnm)				
PUNTA LA PAZ	PLP-01	Pozo	569168	2682092	9.0	0.85	3.15 ARENA HUMEDA		
RANCHO EL PALOMO	PZ-1	Noria	571067	2680841	21.0	0.56	11.65	11.09	9.91
RANCHO SAN MIGUEL	PZ-2	Noria	570981	2681352	9.0	0.31	3.73	3.42	5.58
RANCHO SAN MIGUEL	PZ-3	Noria	571050	2681344	12.0	0.25	6.33	6.08	5.92

Figura 2.94 Pozo PLP-01 y noria PZ-2.



En consecuencia, para el suministro de agua potable del proyecto se plantea la ejecución de una planta desalinizadora mediante el proceso de ósmosis inversa, y cuyo producto cumpla con los parámetros establecidos en la norma “MODIFICACION a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.”

Las obras e instalaciones fundamentales que integran el proyecto de suministro de agua potable pueden dividirse en:

- Captación de agua de mar.
- Bombeo y conducción de agua de mar a la planta.
- Tratamiento con Ósmosis Inversa en Planta.
- Impulsión del agua tratada al Tanque Maestro de agua producto (punto de entrega).
- Conducción de agua de rechazo de la Planta al punto emisor.

- Obra civil auxiliar (edificios, accesos, viales, redes de servicios, etc.).

Las necesidades de captación se han calculado según la demanda del proyecto en 4 etapas, las mismas que se han estimado para el desarrollo:

El plan maestro Punta La Paz, se desarrollará paulatinamente, considerando 4 etapas de ejecución. En un horizonte de 15 años, desde el inicio de sus construcciones a la puesta en marcha del proyecto en su totalidad. A continuación, se presentan los consumos promedio proyectados por etapa.

Figura 2.95 Consumos promedio por etapas

	Lotes	Q Demandado [lps]	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Etapa 1	Lotes unifamiliares 1	0.33	0.33												
	MD-2 Vivienda	0.20			0.20										
	MD-2 Hotel	1.04				1.04									
	V-1	0.26		0.26											
	CP	0.14				0.14									
Etapa 2	Lotes unifamiliares 2A	0.18					0.18								
	Lotes unifamiliares 2B	0.22						0.22							
	MD-3 Vivienda	0.22							0.22						
Etapa 3	MD-1 Vivienda	0.08								0.08					
	MD-4 Vivienda	0.22									0.22				
Etpa 4	Lotes unifamiliares 3A	0.17										0.17			
	Lotes unifamiliares 3B	0.08											0.08		
	Lotes RM-E	0.12												0.12	
	Hotel	1.04													1.04
		4.31	0.33	0.26	0.20	1.18	0.18	0.22	0.22	0.08	0.22	0.17	0.08	0.12	1.04

Acumulado [lps]	0.33	0.60	0.80	1.98	2.16	2.37	2.60	2.68	2.90	3.07	3.15	3.26	**4.31**
Aguas tratadas [lps]	0.10	0.18	0.24	0.59	0.65	0.71	0.78	0.80	0.87	0.92	0.94	0.98	1.29
Consumo A.P. [lps]	**0.23**	**0.42**	**0.56**	**1.39**	**1.51**	**1.66**	**1.82**	**1.87**	**2.03**	**2.15**	**2.20**	**2.28**	**3.01**

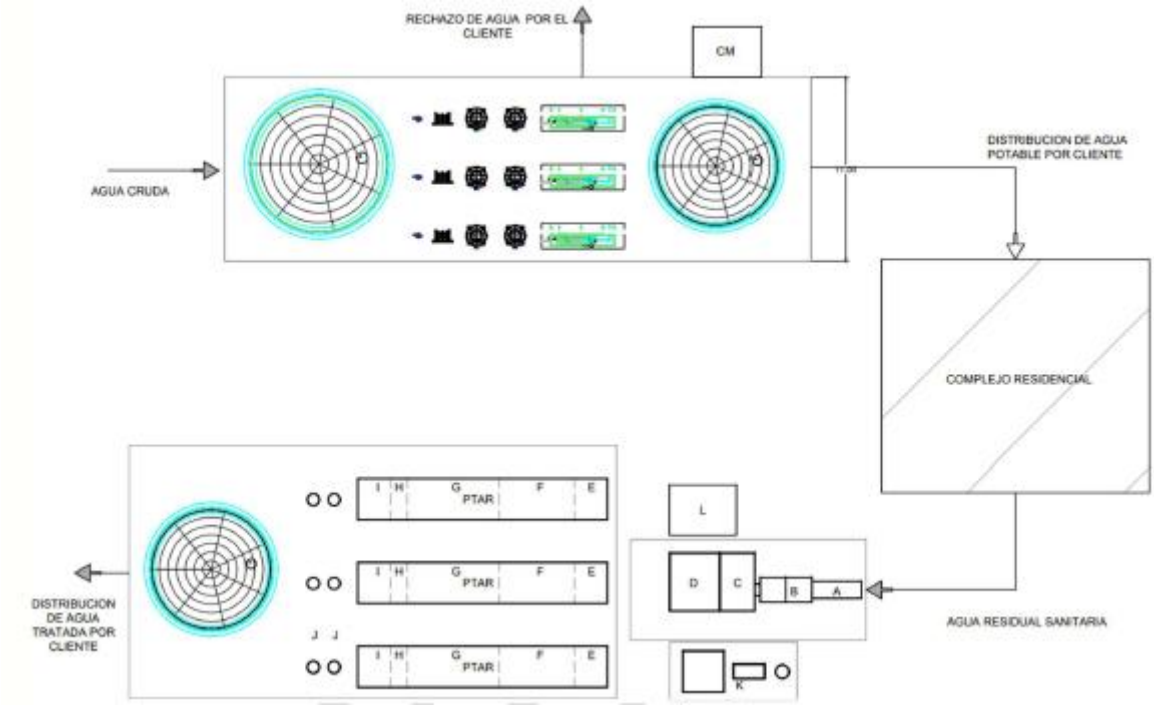
Acumulado [m3]	28.85	51.63	69.21	171.21	186.48	205.14	224.53	231.20	250.59	265.01	271.80	281.98	**371.98**
Aguas tratadas [m3]	8.65	15.49	20.76	51.36	55.94	61.54	67.36	69.36	75.18	79.50	81.54	84.59	111.59
Consumo A.P. [m3]	**20.19**	**36.14**	**48.44**	**119.84**	**130.53**	**143.60**	**157.17**	**161.84**	**175.41**	**185.51**	**190.26**	**197.39**	**260.39**

El proyecto PUNTA LA PAZ integra soluciones innovadoras para la recuperación de agua de mar y agua tratada, fundamentales para una gestión hídrica sostenible, especialmente en regiones con escasez de recursos.

- Desalinización del agua de mar Mediante un proceso de ósmosis inversa, el agua de mar se somete a la eliminación de sales y minerales, obteniendo agua potable apta para el consumo humano y otras aplicaciones. Esta agua se almacena en un tanque, desde donde se distribuye al complejo residencial.

- Reutilización de aguas residuales tratadas Una vez consumida por los habitantes, el agua se convierte en residual sanitaria y es canalizada hacia un cárcamo receptor. Allí, se somete a tratamiento mediante tecnología MBBR (lechos móviles biológicos) y sistemas de filtración avanzados. El agua resultante se reutiliza en el riego de áreas verdes y otras actividades, como la limpieza de zonas peatonales del complejo o la dilución del agua de rechazo proveniente de la planta desaladora.

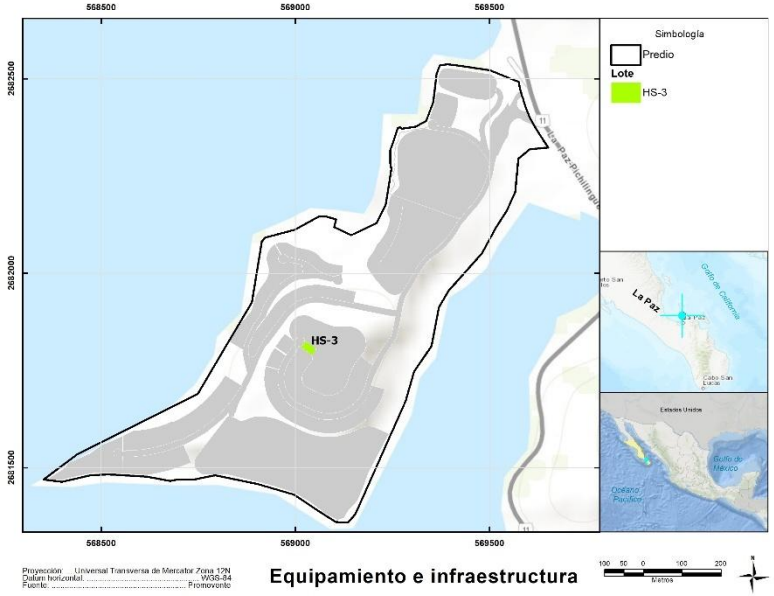
Figura 2.96 Proceso de la PDOI



Ubicación de la PDOI

La Planta Desaladora de Ósmosis Inversa (PDOI) se localizará dentro del macrolote identificado como HS-3. Este lote cuenta con un uso de suelo asignado específicamente para infraestructura y posee una superficie total de 649.90 m² (equivalente a 0.06 hectáreas). El Coeficiente de Ocupación del Suelo (C.O.S.) destinado para la implementación de la planta es del 100%, lo que permite aprovechar la totalidad del terreno para la instalación de la infraestructura requerida.

Figura 2.97 Ubicación de la PDOI



Descripción de la PDOI y Materiales requeridos

Se ha considerado la implementación de una planta de desalinización con capacidad para producir hasta 7.5 litros por segundo (Lps) de agua potable, lo que equivale a 648 metros cúbicos diarios (m^3/d). El suministro provendrá exclusivamente del tratamiento de agua de mar, garantizando que el recurso hídrico obtenido cumpla con los criterios establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) aplicables para consumo y uso humano.

Para validar la viabilidad del proceso y garantizar el cumplimiento de la normativa aplicable, se ha realizado una proyección mediante software especializado. Esta simulación toma en cuenta las características del afluente marino y los requerimientos de calidad para el agua tratada.

Tabla 2.33 Parámetros de calidad del afluente a tratar

PARÁMETRO UNIDAD	PARÁMETRO UNIDAD	AGUA ALIMENTACIÓN (PARÁMETROS ESTÁNDAR)	AGUA PRODUCTO CON RO (SIMULACIÓN TORAY/WAVE)
pH	U-pH	8.2	6.51
Cloruros Totales	mg/L	19,300	116.3
TDS	mg/L	35,000	202.2

El diseño contempla la instalación de tres trenes de tratamiento independientes, cada uno con una capacidad de 2.5 Lps. Esta configuración modular permite una ejecución escalonada del proyecto, facilitando su adecuación progresiva a las necesidades del desarrollo. Los parámetros técnicos considerados para el diseño han sido proporcionados por el solicitante, asegurando que las soluciones propuestas respondan a las condiciones y requerimientos específicos del entorno.

A fin de preservar la integridad del sistema frente a las condiciones altamente corrosivas del agua de mar, se ha previsto el uso de materiales y equipos resistentes a la salinidad. Tanto los componentes mecánicos como el sistema hidráulico han sido seleccionados con criterios de durabilidad y confiabilidad, lo que garantiza un funcionamiento seguro y eficiente a largo plazo.

SECCIÓN 1. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA AGUA DE MAR CON CAPACIDAD DE 200 M3 Y SISTEMA DE DESINFECCIÓN

1.1. Suministro e Instalación de tanque de almacenamiento de 200 m3 de capacidad

Se considera que el agua cruda llegue hasta un tanque de almacenamiento de 200 m3 para de aquí distribuir el agua hacia cada uno de los tres trenes de tratamiento. Además, ofrece capacidad de amortiguamiento al proceso y da un punto de inspección a la calidad del agua a tratar. El tanque es fabricado en acero al carbón y cuenta con un recubrimiento que lo protege de la corrosión del agua de mar.

1.2. Suministro e Instalación de sistema de dosificación de hipoclorito de sodio Dentro del tanque de almacenamiento de agua de alimentación, se hará una dosificación de hipoclorito

de sodio, esto se encargará de eliminar la mayoría de los microorganismos dentro del agua y evitar que puedan afectar el funcionamiento del sistema. Se consideran dos bombas peristálticas, una en operación y otra en stand by para trabajar en alternancia, bases de acero al carbón para colocar las bombas, un tanque de almacenamiento de químicos y una tarima antiderrame.

Figura 2.98 Imagen de referencia



Tabla 2.34 Materiales requeridos para el desarrollo de la sección 1

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA AGUA DE MAR CON CAPACIDAD DE 200 M3 Y SISTEMA DE DESINFECCIÓN				
SECCIÓN	EQUIPOS	UNIDAD	CANTIDAD	MARCA
SEC 1	Tanque atornillado de acero al carbono con recubrimiento anticorrosión de 200 m3	PZA	1	AQUA JAKER/EQ
	Switch de nivel para control de bombas	PZA	3	ANCHOR SCIENTIFIC
	Bomba peristáltica de hipoclorito de sodio	PZA	2	PCM
	Tanque de almacenamiento de químicos de 55 galones	PZA	1	POLO
	Plataforma antiderrame	PZA	1	ULINE
	Medidor de flujo salida tanque agua alimentación (uno por cada sistema)	PZA	3	EQUYSIS

SECCIÓN 2. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PRETRATAMIENTO MEDIANTE FILTRACIÓN DE SÓLIDOS PARA 3 LÍNEAS DE TRATAMIENTO

2.1. Suministro e Instalación de hidrociclones para retención de arenillas Se considera la instalación de un equipo tipo hidrociclón en cada tren de tratamiento, los cuales se encargarán de la separación de los sólidos de tamaño hasta 100 micras que se encuentren en el agua cruda. Estos equipos utilizan la fuerza centrífuga y la diferencia de densidades para que los sólidos se separen del agua, los cuales se irán almacenando en un pequeño recipiente que puede ser vaciado manualmente cuando sea necesario.

2.2. Suministro e Instalación de sistema de filtros discos automáticos

Sistema de desbaste mediante filtros discos para la retención de partículas con un tamaño mayor a 50 micras. Estos filtros, compuestos por discos ranurados apilados, están diseñados para manejar altos volúmenes de agua y son adecuados para diversas aplicaciones. Son compuestos por tres módulos de filtros discos y se considera la instalación de un sistema en cada tren de tratamiento. Se incluye un compresor de aire para permitir el retrolavado de los filtros.

Figura 2.99 Imágenes de referencia





2.3. Suministro e Instalación de sistema de filtración por filtros multimedia

En cada uno de los tres trenes de tratamiento se instalarán dos filtros multimedia, los cuales trabajarán de forma independiente uno del otro, para que mientras uno este en operación, el otro pueda realizar su retrolavado para estar disponible y mantener el tratamiento del agua de forma continua. Los filtros son de fibra de vidrio, con un diámetro de 48” x 72” con 34 ft3 de medio filtrante, y permitirán la filtración de partículas con un tamaño mayor de 10 micras.

Figura 2.100 Imagen de referencia



Cuentan con válvula automática para su control, bomba centrifuga conectada al agua cruda para su alimentación y otra bomba conectada al agua potable para cuando se necesite retrolavar.

2.4. Suministro e Instalación de dosificación química para disminución de cloro

Posterior al pasar por los filtros, se realizará una dosificación de bisulfito de sodio para la eliminación de cloro presente. El bisulfito reacciona con el cloro libre y va formando subproductos que continúan reaccionando con el cloro. El proceso es necesario para proteger a las membranas de osmosis inversa de la fuerte capacidad oxidante del cloro, el cual puede destruir las membranas.

Tabla 2.35 Materiales requeridos para el desarrollo de la sección 2

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PRETRATAMIENTO MEDIANTE FILTRACIÓN DE SÓLIDOS PARA 3 LÍNEAS DE TRATAMIENTO				
SECCIÓN	EQUIPOS	UNIDAD	CANTIDAD	MARCA
SEC 2	Hidrociclón	PZA	3	CANROMEX
	Compresor de aire	PZA	1	CBS
	Filtro de discos automático	PZA	3	CANROMEX
	Bomba centrifuga	PZA	6	BARMESA
	Manómetro de presión de 0 a 100 psi	PZA	6	ALTAMIRA
SEC 2	Filtro multimedia	PZA	6	CLACK
	Bomba dosificadora de bisulfito de sodio	PZA	3	SEKO
	Tanque de almacenamiento de químicos de 55 galones	PZA	3	ULINE
	Plataforma antiderrame	PZA	3	ULINE

SECCIÓN 3. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PLANTA DESALADORA DIVIDIDA EN TRES SISTEMAS DE OSMOSIS INVERSA CON CAPACIDAD DE PRODUCIR 2.5 LPS, INCLUYE CIP DE LIMPIEZA QUIMICA EN CADA UNO

3.1. Suministro e Instalación de sistema de dosificación de antiincrustante

Se considera realizar una dosificación de antiincrustante en cada una de las líneas de alimentación a los sistemas de osmosis inversa. Su función es la aumentar la capacidad soluble dentro del agua y evitar la rápida precipitación de sales que se acumularían en las membranas, afectando la capacidad de tratamiento del equipo de manera negativa.

3.2. Suministro e Instalación de Sistema de Osmosis Inversa

Se considera la instalación de tres sistemas de Osmosis Inversa, que tienen como principio la separación de los contaminantes presentes en el agua al ser bombeada con una muy alta presión hacia un medio filtrante conocido como membranas, que se encuentran diseñadas para poseer una estructura compacta y porosa que permite la retención de los contaminantes mientras que el agua fluye de manera transversal por las distintas capas que forman a la membrana.

Cada uno de los sistemas contará con 12 membranas de 8” x 40”. Las membranas están diseñadas específicamente para trabajar con las características únicas del agua proveniente de zonas marítimas. Estas estarán en una configuración de una etapa, con dos porta-membranas con 8 membranas cada uno. El diseño es con la idea de permitir que todas las membranas en el sistema se encuentren dentro de las mismas condiciones para su mantenimiento.

A la salida del sistema, la línea de agua producto del sistema continuará con el tratamiento, mientras que el concentrado será canalizado para su disposición final o su reúso. Cada sistema cuenta con equipo de bombeo de alta presión, rack para su instalación, sistema PLC para su control y equipos de medición.

Tabla 2.36 Parámetros de diseño por tren de osmosis inversa

PARÁMETRO	VALORES
Flujo de agua cruda	5.5 L/s
Flujo de producto	2.5 L/s
Flujo de rechazo	3.0 L/s
Presión de operación	975.0 PSI
SDT agua cruda	<40 000 ppm
SDT agua producto	<300 ppm
Tipo de Membrana	8” x 40”

3.3. Suministro e Instalación de sistema de limpieza de membranas

Un proceso muy importante dentro del tratamiento mediante Osmosis Inversa es la limpieza química que requieren las membranas para conservar sus propiedades en óptima condición por mayor tiempo. Este se realiza con lavados con productos químicos en ciclos, se utilizan tanto sustancias acidas como sustancias alcalinas. Para esto se necesita un tanque preparador de químicos, equipo de bombeo y porta filtros para retención de las partículas que salgan de la limpieza. Se incluye un sistema de lavado en cada uno de los sistemas de osmosis.

Tabla 2.37 Materiales requeridos para el desarrollo de la sección 3

PLANTA DESALADORA DIVIDIDA EN TRES SISTEMAS DE OSMOSIS INVERSA CON CAPACIDAD DE PRODUCIR 2.5 LPS, INCLUYE CIP DE LIMPIEZA QUIMICA CADA UNO.				
SECCION	EQUIPOS	UNIDAD	CANTIDAD	MARCA
SEC 3	Bomba dosificadora de antiincrustante	PZA	3	SEKO
	Tanque de almacenamiento de químicos de 55 galones	PZA	3	POLO
	Plataforma antiderrame	PZA	3	ULINE
	Sistema de osmosis inversa (Incluye bomba de alta presión de 60 HP, 2 porta-membranas para 6 membranas que resisten hasta 1200 PSI, 12 membranas de 8x40" para agua de mar, rack en acero inoxidable, Unidad CIP para lavado de	PZA	3	CANROMEX
	membranas, Flujómetros, Manómetros, Medidores de conductividad, Control PLC)			

Figura 2.101 Imágenes de referencia





SECCIÓN 4. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE POSTRATAMIENTO MEDIANTE AJUSTE DE PH, DESINFECCIÓN Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA AGUA POTABLE

4.1. Suministro e Instalación de sistema de dosificación química para el ajuste de pH
Para el cuidado de la red de distribución, se dosificará un agente alcalinizante en las líneas de salida de agua potable de cada sistema de osmosis inversa. Esto nulifica las propiedades corrosivas que puede presentar el agua, que sale con pH levemente ácido tras el tratamiento por osmosis inversa.

4.2. Suministro e Instalación de sistema de desinfección para agua potable
Se considera la dosificación de hipoclorito de sodio a las líneas de agua potable para impedir el desarrollo de microorganismos y bacterias y así asegurar que el agua cumpla con las cualidades necesarias para poder ser consumida y usada por el ser humano.

4.3. Suministro e Instalación de tanque de almacenamiento de 100 m³ de capacidad
El agua potable que proviene de cada uno de los tres trenes de tratamiento se almacenará en un tanque de 100 m³, para la distribución del agua potable, pero también mantener un tiempo de contacto adecuado con el hipoclorito de sodio y asegurar la desinfección completa del agua.

El tanque es fabricado en acero al carbón y cuenta con un recubrimiento anti corrosivo.

Tabla 2.38 Materiales requeridos para el desarrollo de la sección 4

SUMINISTRO E INSTALACION DE POSTRATAMIENTO MEDIANTE DOSIFICACION QUIMICA Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA AGUA POTABLE				
SECCIÓN	EQUIPOS	UNIDAD	CANTIDAD	MARCA
SEC 4	Bomba dosificadora para ajuste de pH	PZA	3	SEKO
	Tanque de almacenamiento de químicos de 55 galones	PZA	6	POLO
	Plataforma antiderrame	PZA	6	ULINE
	Bomba dosificadora para hipoclorito de sodio	PZA	3	SEKO
	Tanque atornillado de acero al carbón con capacidad de 100 m³	PZA	1	AQUA JAKER
	Switch de nivel para control de bombas	PZA	3	ANCHOR SCIENTIFIC

Figura 2.102 Imagen de referencia



SECCIÓN 5. MODO OPERATIVO – CONTROL

5.1. Suministro e Instalación de equipos para monitoreo de parámetros
Se considera que, para el correcto monitoreo y medida preventiva, la instalación de varios instrumentos para la medición de parámetros críticos a lo largo de todo el sistema. Se consideran los siguientes instrumentos:

- Medidores de Flujo
- Sensores e Indicadores de TDS
- Indicadores de Conductividad
- Sensor de ORP
- Sensores de presión
- Medidores de Nivel

5.2. Suministro e Instalación de sistema de control y automatización
Las siguientes funciones e indicadores automáticos se proporcionan con el sistema:

- Todos los sensores y dispositivos de paro del sistema previamente descritos están plenamente en operación en el modo de AUTO (automático).

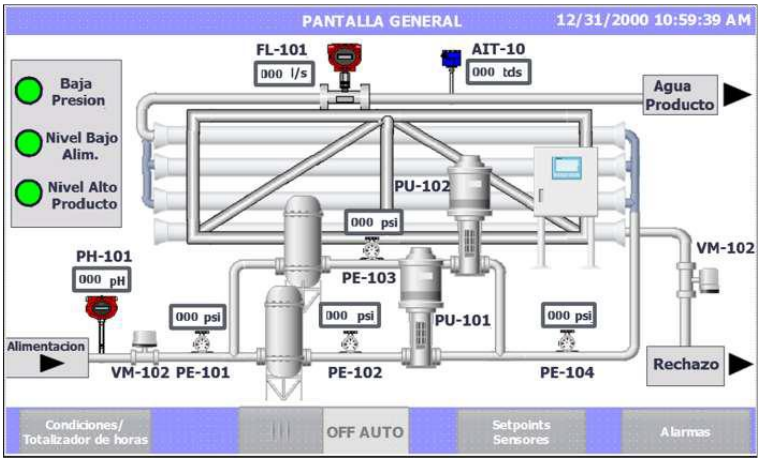
- Todo el equipo periférico estará representado en el tablero de control con una luz verde ON cuando esté en operación.

- Fallas en el sistema automático de paro del sistema serán representadas en su respectivo tablero de control por luces rojas y una alarma audible.

- Arranque y paro del sistema (cada tren funciona individualmente si se requiere) depende del nivel del tanque cisterna o almacenamiento.

- Este sistema puede ser operado en forma automática o en forma manual limitada (siempre operan los dispositivos de seguridad y alarmas).

Figura 2.103 Imagen de ilustrativa



En base a lo anterior, se propone el siguiente tren de tratamiento y los equipos necesarios a su operación.

Figura 2.104 Diagrama del tren de tratamiento

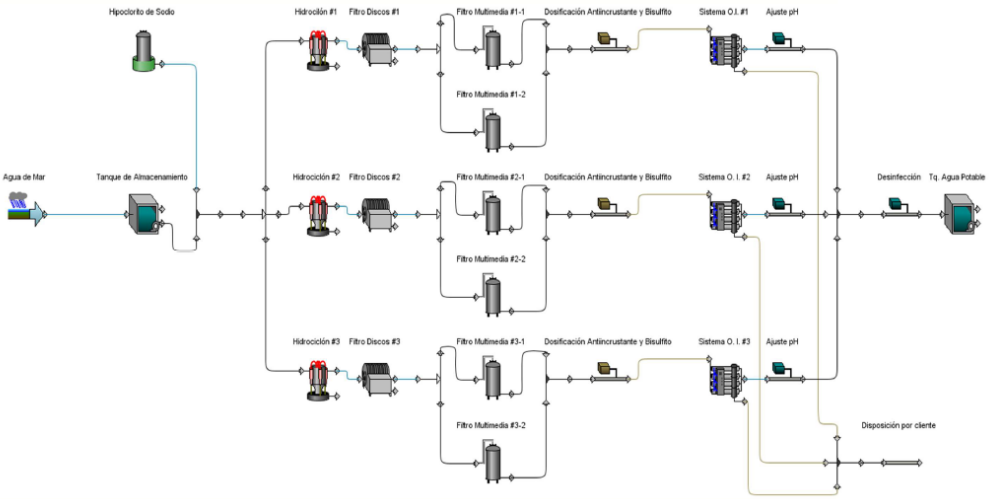


Tabla 2.39 Dimensionamiento de tanques y equipos

ITEM	SECCIÓN	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m2)	VOLUMEN (m3)
A	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 200 M3	8.153 (Diámetro)		3.82	52.2	199.5
B	HIDROCICLON	0.22 (Diámetro)		0.95	0.038	0.036
C	FILTRO DE DISCOS AUTOMATICO	1.2	1.2	1.42	1.44	2.0448
D	FILTROS MULTIMEDIA	1.22 (Diámetro)		1.83	1.168	2.139
E	SISTEMA DE OSMOSIS INVERSA	4.95	1.52	2.0	7.524	15.048
F	TANQUE DE AGUA POTABLE DE 100 M3	7.25 (Diámetro)		2.4	41.28	100.6
G	CUARTO DE CONTROL	4.0	3.0	3.0	12.0	36.0

Figura 2.105 Vista lateral

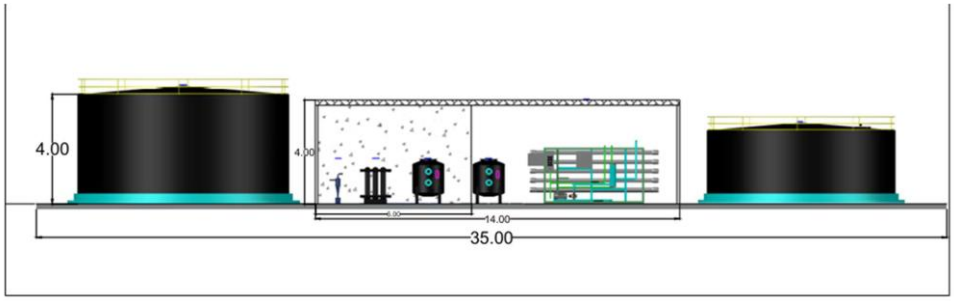
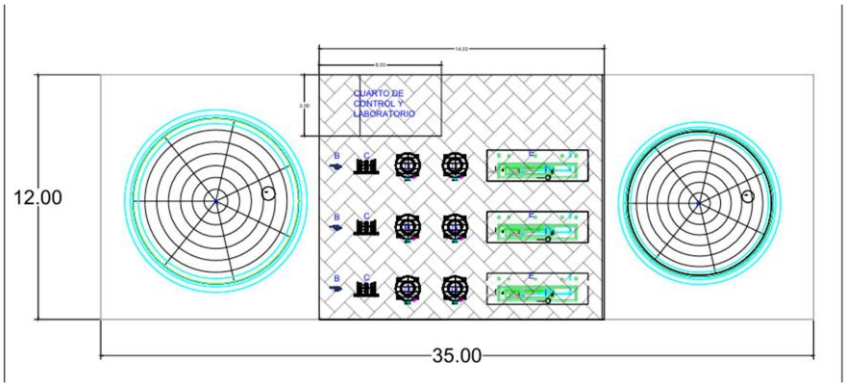


Figura 2.106 Vista planta



Descripción general de la obra civil

Para ese proyecto, se requiere lo siguiente:

Losa de concreto de 35.0 m x 11.0 m con resistencia de 250 kg/cm2. Realizando la excavación y compactación, para una mejor firmeza para el colado de esta. Con armado de doble varillas de ½ con 20 cm en ambos sentidos, con el fin de la dar la resistencia correcta para el soporte de los equipos considerados a colocar en la placa.

Losa de concreto para fondo de tanques de almacenamiento, concreto con resistencia de 250 kg/cm2 espesor de 30 cm y armado con doble varillas de ½" .

Nave de protección de los equipos de 14.0 m X 12.0 m x 4.0 m de altura, en donde se colocarán todos los equipos de tratamiento del agua potable, así que un sala de control y un laboratorio.

Calidad del agua de salida

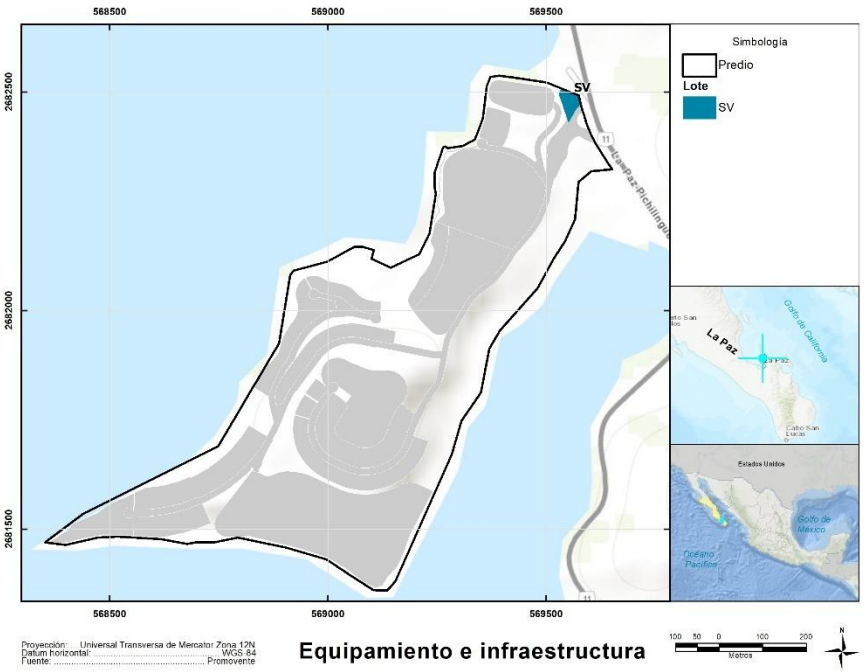
El agua producto final cumplirá con los requisitos de la MODIFICACION A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, SALUD AMBIENTAL. AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO. LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION.

2.5.3.4.5. Planta de tratamiento de aguas residuales

Ubicación de la PTAR

La Planta de tratamiento de aguas residuales se localizará dentro del macrolote identificado como SV. Este lote cuenta con un uso de suelo asignado específicamente para infraestructura y posee una superficie total de 2,094.77 m² (equivalente a 0.21 hectáreas). El Coeficiente de Ocupación del Suelo (C.O.S.) destinado para la implementación de la planta es del 100%, lo que permite aprovechar la totalidad del terreno para la instalación de la infraestructura requerida.

Figura 2.107 Ubicación de la PTAR



Generalidades

Para el tratamiento de las aguas residuales sanitarias del complejo residencial, se seleccionó la tecnología aerobia más eficiente disponible para este tipo de aplicación: el BioReactor de Lecho Móvil (MBBR, por sus siglas en inglés). Esta tecnología destaca por ofrecer una alta calidad del agua tratada en un sistema compacto y eficiente.

La planta de tratamiento elegida es una unidad modular fabricada en FRP (plástico reforzado con fibra de vidrio), diseñada para instalación superficial, lo que elimina la necesidad de obras civiles extensas. Su configuración modular permite una expansión sencilla, adaptándose perfectamente a las necesidades evolutivas del proyecto.

Se estima que, una vez completado el desarrollo, la demanda total de tratamiento de aguas residuales alcanzará los 6 litros por segundo (lps). Para atender esta capacidad, la planta se ha diseñado en tres módulos de 2 lps cada uno, siguiendo el mismo enfoque escalonado utilizado en el sistema de tratamiento de agua potable.

El diseño se basa en parámetros estándar para aguas residuales sanitarias, ya que no se dispone de análisis específicos del afluente actual. Para validar el desempeño del proceso, se realizó una simulación utilizando el software especializado GPS-X, empleando tanto las características típicas del afluente como los requisitos normativos aplicables.

Tabla 2.40 Datos de diseño de Planta Modular

PARÁMETROS DE DISEÑO - FLUJO DE AGUA		
CONCEPTOS	CANTIDAD	UNIDAD
Tipo de agua	Sanitaria	
Flujo de agua	6	Lps
Volumen de agua por día	518.4	m^3/d
Volumen de lodos generados	6.0	m^3/d

Con base en este diseño y en los resultados de la simulación realizada, se garantiza que el efluente tratado cumple con los límites establecidos en la norma NOM-001-SEMARNAT-2021. Esto asegura su idoneidad tanto para aplicaciones de reúso permitidas por la legislación vigente como para su descarga en cuerpos receptores naturales, conforme a los criterios de calidad establecidos por la normatividad ambiental.

Tabla 2.41 Parámetros de calidad del agua

NOM-001-SEMARNAT-2021 RIEGO DE AREAS VERDES				
PARÁMETROS	UNIDAD	AFLUENTE PTAR	EFLUENTE PTAR (NOM-001) *PM	EFLUENTE PTAR (GPS-X)
Grasas y Aceites	mg/L	<50	15	<15
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	195	30	<10
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	450	60	<40
Demanda Bioquímica de Oxigeno	mg/L	250	NA	<10
Huevos de helmintos	Huevos /L	-	1	-
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	-	250	-
ELEMENTOS CRÍTICOS PARA UN BUEN TRATAMIENTO				
Nitrógeno Total	mg/L	40	NA	<6
Fósforo Total	mg/L	10	NA	<4
Para que cumpla con el parámetro de GyA, se considera que el Afluente recibirá un pretratamiento previo en un Interceptor de grasas y aceites, reduciéndolo <50 mg/l, antes de la PTAR. Este parámetro no debe exceder en el Afluente ya que influye y pueden alterar el proceso biológico.				
Se considera que el Afluente no contiene químicos industriales, ni cloruros en exceso de 100 mg/L, ni metales.				
Los elementos críticos tienen un parámetro importante que cumplir dentro de la Norma, en caso de rebasar los límites en el Afluente, impacta de forma negativa el tratamiento del agua y puede inhibir el desarrollo de los organismos microbiológicos.				

Fuente: Metcalf & Eddy (2014). Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery (Quinta edición). Nueva York: Mc Graw Hill Education.

Descripción de la PTAR y materiales requeridos

Se considera el tratamiento de 6.0 Lps (518 m3/d) de aguas residuales sanitarias, divididos en tres módulos independientes con un flujo de 2 lps cada uno. Se usaron parámetros estándares de la industria para el diseño de la planta.

SECCIÓN 1. SISTEMA DE PRETRATAMIENTO CON CAPACIDAD DE 6 LPS MEDIANTE REJILLA AUTOMÁTICA DE CADENA, OIL SKIMMER Y ROTOFILTRO.

El sistema de pretratamiento cumple con la capacidad de tratamiento de 6 Lps, el cual se dividirá entre las tres plantas tratadoras, se consideran equipos de bombeo de redundancia para asegurar que el tratamiento no se detendrá, en caso de falla de la bomba de alimentación principal. Sin embargo, para el pretratamiento, se considera el volumen total de 6 lps para los equipos que alimentarán a los tres módulos.

1.1. Suministro e Instalación de una rejilla de cadena automática en canal de desbaste



Se considera que el agua de alimentación a proceso llegue por un canal de alimentación hasta una rejilla de cadena automática, donde se separan los sólidos de gran tamaño que puedan encontrarse en el agua. Los desechos retenidos serán transportados hacia la superficie por un sistema de peines en constante movimiento, que los deposita en un bac para su fácil manipulación y disposición. La rejilla tiene capacidad de hasta 6 lps.



1.2. Suministro e Instalación de oil skimmer para extracción de grasas y aceites

Después del canal, se construirá en obra civil una trampa de grasas y aceites, la cual permitirá la separación de estas sustancias. Estas fluyen hacia un compartimiento propio en donde un oil skimmer recoge y transporta las grasas a nivel de superficie, donde son almacenadas en un recipiente cerrado para su manejo y disposición. El equipo está diseñado para el flujo total de la planta de 6 lps.

1.3. Suministro e Instalación de bomba trituradora y rotofiltro

El agua fluirá desde el interceptor de grasas hasta un cárcamo de recepción donde dos bombas trituradoras, una en operación y la otra en standby trabajando en alternancia. Las bombas trituradoras reducen el tamaño de los sólidos gruesos a finos para ser filtrados y retirados por un rotofiltro automático instalado a nivel de piso. El rotofiltro funciona de manera automática, separando los sólidos finos que aún se encuentren en el agua mediante malla Johnson de 2 mm de paso, el propio movimiento giratorio permite que los sólidos vayan moviéndose hasta llegar a la salida del rotofiltro y caer dentro de un bac para permitir su disposición.

Figura 2.108 Imágenes de referencia







1.4. Suministro e Instalación de sistema de bombeo hacia las plantas tratadoras

Se considera que el agua que pase por el roto filtro llegue hasta un cárcamo de rebombeo, donde bombas sumergibles alimentan a las tres plantas tratadoras. Se consideran cuatro bombas, una por cada y una cuarta en stand by como respaldo.

Tabla 2.42 Materiales requeridos para el desarrollo de la sección 1

SISTEMA DE PRETRATAMIENTO CON CAPACIDAD DE 6 LPS MEDIANTE REJILLA AUTOMÁTICA DE CADENA, OIL SKIMMER Y ROTOFILTRO				
SECCIÓN	EQUIPOS	UNIDAD	CANTIDAD	MARCA
SEC 1	Rejilla de cadena automática	PZA	1	ECMA
	Oil skimmer	PZA	1	CRX
	Medidor de flujo electromagnético	PZA	3	EQUYSIS
	Manómetro de presión de 0 a 60 psi	PZA	6	ALTAMIRA
	Switch de nivel para control de bombas	PZA	6	ANCHOR SCIENTIFIC
	Bomba sumergible trituradora	PZA	2	BARMESA
	Rotofiltro	PZA	1	ECMA
	Izaje para equipos de bombeo	LTE	2	CRX
	Bac de recolección de solidos para rejilla mecánica y rotofiltro	PZA	2	CRX
	Bomba sumergible de transferencia	PZA	4	BARMESA

SECCIÓN 2. UNA PLANTA TRATADORA DE AGUAS RESIDUALES SANITARIAS CON CAPACIDAD DE TRATAMIENTO DE 6 LPS (518.4 M3/D), DIVIDIDA EN TRES MÓDULOS MODELO AQUAMAX.

Cada planta tratadora tiene una medida de 15.0m x 2.5m x 3.0m de altura, fabricadas en paneles de FRP. Cada módulo funciona de forma independiente en base a dos litros por segundo de agua residual sanitaria. Los tres módulos cuentan con el mismo diseño, el cual es “antiderrame” a través de un rebose que evita que la planta se desborde. Cada planta se compone por cuatro secciones: tanque anóxico, reactor biológico, sedimentador/clarificador y tanque de agua trata.

2.1. Tanque Anóxico

En este caso, el agua es bombeada al Tanque anóxico, el cual alimenta el Reactor. En este tanque se realiza la etapa anóxica para reducción y estabilización de nitrógeno y fósforo mediante la eliminación de nutrientes recirculados en condiciones anóxicas (desnitrificación).

Este tanque está equipado con dos agitadores encargados de facilitar la liberación del nitrógeno gas producido en la desnitrificación. Además, tiene una válvula de purga para vaciar los sólidos sedimentados durante ese proceso.

2.2. Reactor biológico

Se usa la tecnología MBBR (Mobile Bed BioReactor) por su gran eficiencia de tratamiento en un espacio muy reducido. Eso permite tener una planta muy compacta y reducir el espacio necesario.

También, esa tecnología tiene una gran flexibilidad contra las variaciones de las características del agua a tratar. Se puede usar en modo continuo o en batch. El BIO-reactor de lecho móvil MBBR es un proceso biológico aerobio empleado para el tratamiento de aguas residuales. Este tratamiento consiste en la degradación de la materia orgánica por parte de bacterias aerobias.

El cultivo bacteriano que realiza la depuración se encuentra en forma de biopelícula adherida a soportes de alta superficie específica (Biocelda). Estos soportes se encuentran sumergidos y en movimiento en el reactor biológico. Esta tecnología permite aumentar la capacidad de depuración de una instalación ya existente sin necesidad de aumentar el volumen del reactor.

Las bacterias incorporan la materia orgánica a su metabolismo para generar nuevo tejido celular y mantener su actividad vital. La presencia de oxígeno en el reactor se consigue insuflando aire con sopladores lobulares o regenerativos

2.3. Sedimentador y Clarificador Lamelar

El agua pasa del reactor al Sedimentador por nivel. Su función es de eliminar la turbulencia y permitir una sedimentación de los sólidos inertes del tratamiento. El agua pasa de forma lenta a un clarificador lamelar mediante flujo ascendente para permitir un pulido del agua tratada. Una bomba se encarga de la extracción de los sólidos sedimentados en esta etapa.

2.4. Tanque de agua clarificada

Tanque de aguas clarificada. En este proyecto, se considera la instalación de un módulo de desinfección mediante una bomba dosificadora de hipoclorito de sodio en línea en la tubería de descarga proveniente del clarificador lamelar, esta es almacenada en el tanque de agua clarificada y sirve de contacto para que el hipoclorito de sodio tenga mayor contacto con el agua, esta dosificación ayudara como oxidar la materia orgánica residual. Este tanque también sirve de rebombeo para permitir el control de flujo de la siguiente etapa.

Tabla 2.43 Materiales requeridos para el desarrollo de la sección 2

PLANTA TRATADORA DE AGUAS RESIDUALES SANITARIAS CON CAPACIDAD DE TRATAMIENTO DE 6 LPS, DIVIDIDA EN TRES MÓDULOS DE 2 LPS TIPO AQUAMAX.				
SECCIÓN	EQUIPOS	UNIDAD	CANTIDAD	MARCA
SEC 2	Tanque modular en FRP de 15 x 2.5 x 3 metros	LOTE	3	CRX
	Agitador sumergible	PZA	6	CRX
	Switch de nivel	PZA	12	ANCHOR SCIENTIFIC
	Difusor de burbuja fina	LOTE	3	SSI AERATION
	Manómetro de presión de 0 a 30 psi	PZA	6	ALTAMIRA
	Manómetro de presión de 0 a 15 psi	PZA	3	ALTAMIRA
	Soplador regenerativo	PZA	6	FPZ
	Modulo lamelar de propileno	LOTE	3	HEWITECH
	Medio móvil Biocelda	LOTE	3	CRX
	Bomba autocebante para lodos	PZA	3	BARMESA
	Bomba dosificadora para hipoclorito de sodio	PZA	3	SEKO
	Tanque de producto químico 35 galones	PZA	3	POLO
	Plataformas antiderrames	PZA	3	ULINE

Figura 2.109 Imagen de referencia



SECCIÓN 3. TRATAMIENTO TERCIARIO MEDIANTE TRES SISTEMAS DE FILTRACIÓN DE ZEOLITA, CARBÓN ACTIVADO Y LAMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA

3.1. Suministro e Instalación de sistema de filtración mediante zeolita y carbón activado



El sistema de filtración será alimentado del tanque de agua tratada de cada módulo de 2 lps, estos se conforman por una bomba centrifuga, un filtro de zeolita con 15 ft3 de medio filtrante, un filtro de carbón activado de 15 ft3 y válvula automática para el control del proceso de flujo de servicio y retrolavado.



3.2. Suministro e Instalación de lampara de luz ultravioleta para desinfección

Para asegurar la desinfección del agua tratada que pasa por los filtros de zeolita y carbón activado, el agua pasará finalmente por una lampará de luz ultravioleta para eliminar los microorganismos al exponerlos directamente a luz ultravioleta para inhibir su proliferación.

Tabla 2.44 Materiales requeridos para el desarrollo de la sección 3

TRATAMIENTO TERCIARIO MEDIANTE TRES SISTEMAS DE FILTRACIÓN DE ZEOLITA, CARBÓN ACTIVADO Y LAMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA				
SECCIÓN	EQUIPOS	UNIDAD	CANTIDAD	MARCA
SEC 3	Bomba de centrifuga	PZA	3	BARMESA
	Switch de nivel para control de bombas	PZA	3	ANCHOR SCIENTIFIC
	Manómetro de presión de 0 a 100 psi	PZA	6	ALTAMIRA
	Filtro de zeolita de 15 ft3 con válvula automática	PZA	3	CLACK
	Filtro de carbón activado de 15 ft3 con válvula automática	PZA	3	CLACK
	Lampara de luz ultravioleta	PZA	3	PURIKOR

SECCIÓN 4. TANQUE ATORNILLADO PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA CON CAPACIDAD DE 100 M3

Suministro e instalación de un tanque atornillado con capacidad de 100 m^3, se encontrará a la salida del sistema terciario y su función será la de almacenar el agua tratada para que el cliente tenga un punto desde donde manejar su distribución.

Figura 2.110 Imagen de referencia



Tabla 2.45 Materiales requeridos para el desarrollo de la sección 4

TANQUE ATORNILLADO PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA CON CAPACIDAD DE 100 M3				
SECCIÓN	EQUIPOS	UNIDAD	CANTIDAD	MARCA
SEC 4	Tanque atornillado de acero al carbón con capacidad de 100 m3	PZA	1	AQUA JAKER/EQ

SECCIÓN 5. SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA DESHIDRATACIÓN DE LODOS CON CAPACIDAD DE 6 M3/D MEDIANTE DIGESTOR DE LODO Y FILTRO TORNILLO

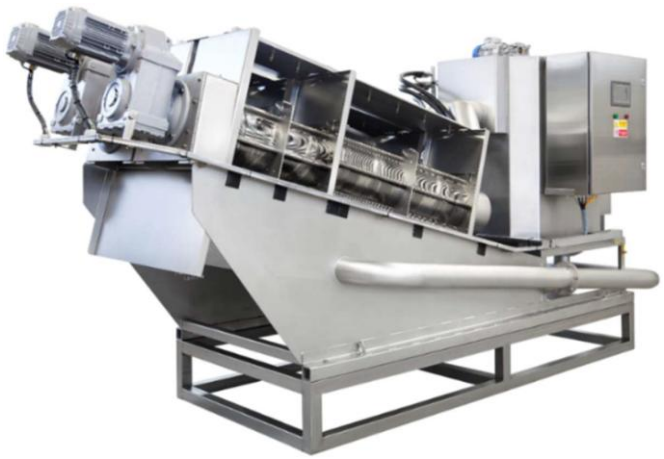
Suministro e Instalación de un sistema para tratamiento de los lodos producidos por los tres módulos de la PTAR. Incluye un tanque digestor de lodos fabricado en FRP, un sistema de aireación con difusores de burbujas gruesas para facilitar la digestión del lodo. Se suministra un sistema de preparación-dosificación de polímero para espesar el lodo y un filtro tornillo.

Se usa una bomba neumática para alimentar el lodo al filtro tornillo, el cual tiene un compartimiento para mezclar el lodo junto con el polímero. Esta mezcla es procesada dentro del filtro tornillo para la separación del agua que da la humedad a el lodo. El flujo de agua extraída del lodo se envía por gravedad al cárcamo receptor, mientras que el lodo se puede almacenar para su disposición.

Tabla 2.46 Materiales requeridos para el desarrollo de la sección 5

SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA DESHIDRATACIÓN DE LODOS CON CAPACIDAD DE 6 M3/D MEDIANTE DIGESTOR DE LODO Y FILTRO TORNILLO				
SECCIÓN	EQUIPOS	UNIDAD	CANTIDAD	MARCA
SEC 5	Tanque digestor de lodos en FRP de 2.5 x 2.5 x 2 metros	PZA	1	CRX
	Soplador regenerativo	PZA	1	FPZ
	Difusor de burbuja gruesa	LOTE	1	SSI AERATION
	Bomba neumática para lodos	PZA	1	NOMAD
	Switch de nivel para control de bombas	PZA	2	ANCHOR SCIENTIFIC
	Compresor de aire	PZA	1	CBS
	Tanque de 450 L reforzado al 40% para la preparación de polímero	PZA	1	ROTOPLAS
	Tarima antiderrame de 49"x49"11"	PZA	1	ULINE
	Agitador vertical	PZA	1	AGIMEX
	Bomba dosificadora	PZA	1	SEKO
	Manómetro de 0 a 15 psi	PZA	2	ALTAMIRA
	Filtro tornillo para lodos	PZA	1	CRX

Figura 2.111 Imagen de referencia



SECCIÓN 6. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MODO OPERATIVO – CONTROL

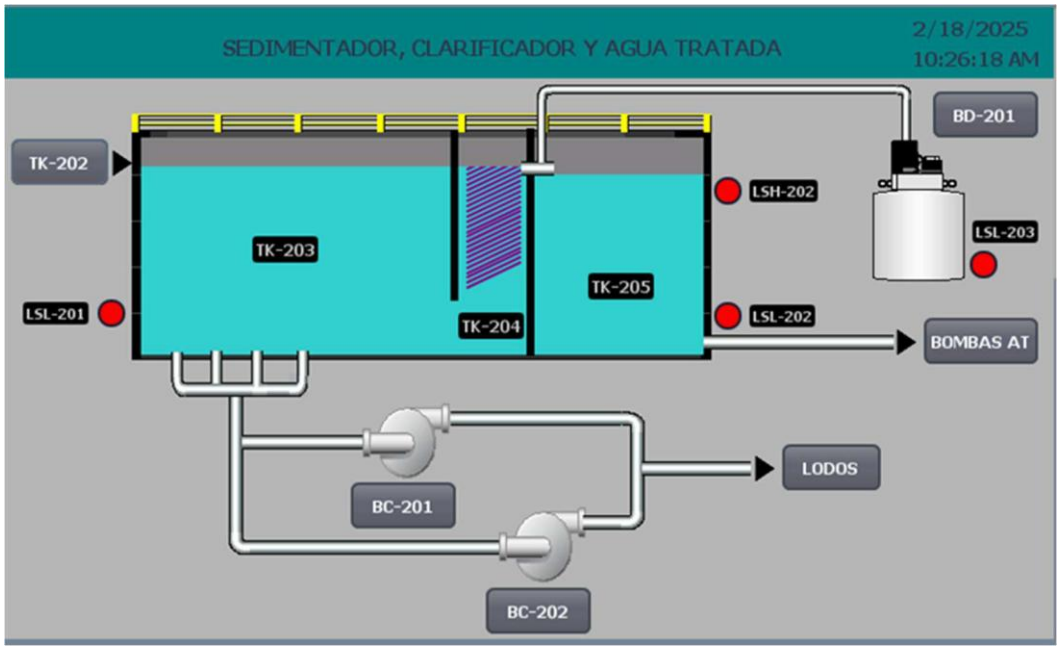
Cada Planta cuenta con un gabinete de control automatizado por un PLC y una HMI de 7". En la HMI se muestra la planta tratadora con sus equipos e instrumentos indicando el estado de cada uno de ellos. El PLC cuenta una pantalla para el modo manual de cada equipo y un historial de alarmas. Existe la opción de realizar ajustes en las etapas directamente desde la HMI, sin necesidad de entrar a la programación.

El funcionamiento de la planta, aunque cuenta con todos los equipos controlador mediante el PLC se requiere personal operativo para el monitoreo de la operación, revisión de alarmas, o parámetros operativos para una buena operación y tratamiento.

Los elementos incluidos en ese modo operativo incluyen:

- PLC Siemens S7-1200 o equivalente.
- HMI KTP700 de 7" Touch a color.
- Protecciones de motores marca ABB.
- Gabinete eléctrico IP55 del tipo autosoportado.
- Selector para arranque manual/automático y Paro de Emergencia.
- Lámparas indicadoras Verde para funcionamiento normal y Roja para alarmas.

Figura 2.112 Diagrama ilustrativo



En base a lo anterior, se propone el siguiente tren de tratamiento y los equipos necesarios a su operación.

Figura 2.113 Diagrama del tren de tratamiento

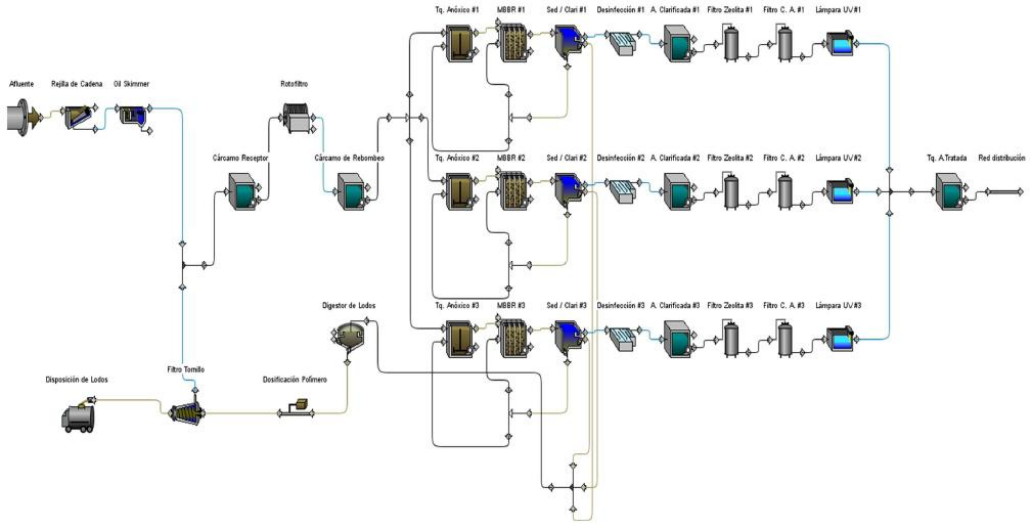


Tabla 2.47 ***Dimensionamiento de tanques y equipos***

	SECCIÓN	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m2)	VOLUMEN (m3)
A	CANAL DE ALIMENTACIÓN	4.0	1.0	1.0	4.0	4.0
B	INTERCEPTOR DE GRASAS	3.1	1.5	1.5	4.65	6.975
C	CÁRCAMO DE RECEPCIÓN	2.0	3.5	3.0	7.0	21.0
D	CÁRCAMO DE REBOMBEO	3.0	3.5	3.0	10.5	31.5
E	TANQUE ANÓXICO	2.0	2.5	3.0	5.0	15.0
F	REACTOR MBBR	4.5	2.5	3.0	11.25	33.75
G	SEDIMENTADOR	5.5	2.5	3.0	13.75	41.25
H	CLARIFICADOR	1.0	2.5	3.0	2.5	7.5
I	TANQUE DE AGUA CLARIFICADA	2.0	2.5	3.0	5.0	15.0
J	SISTEMA DE FILTRACIÓN	EQUIPOS				
K	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS	EQUIPOS				
L	CUARTO DE CONTROL	4.0	3.0	3.0	12.0	36.0
M	TANQUE DE AGUA TRATADA	7.25 Ø		2.4	41.28	100.6

Figura 2.114 Vista lateral

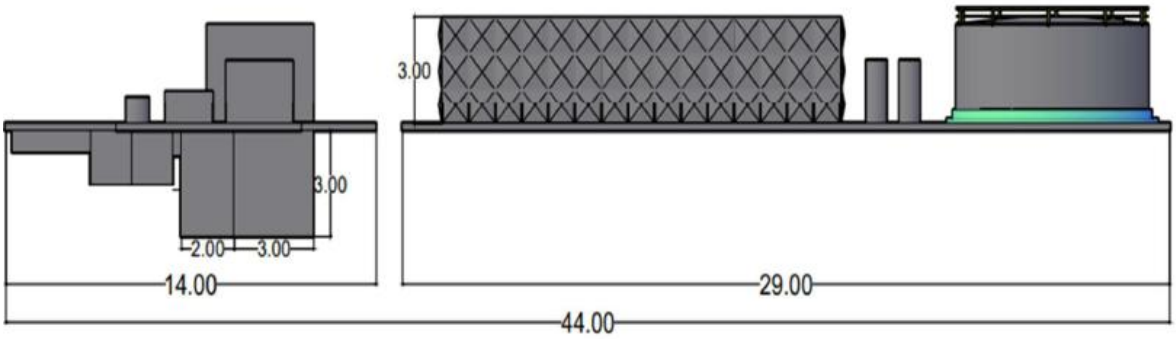
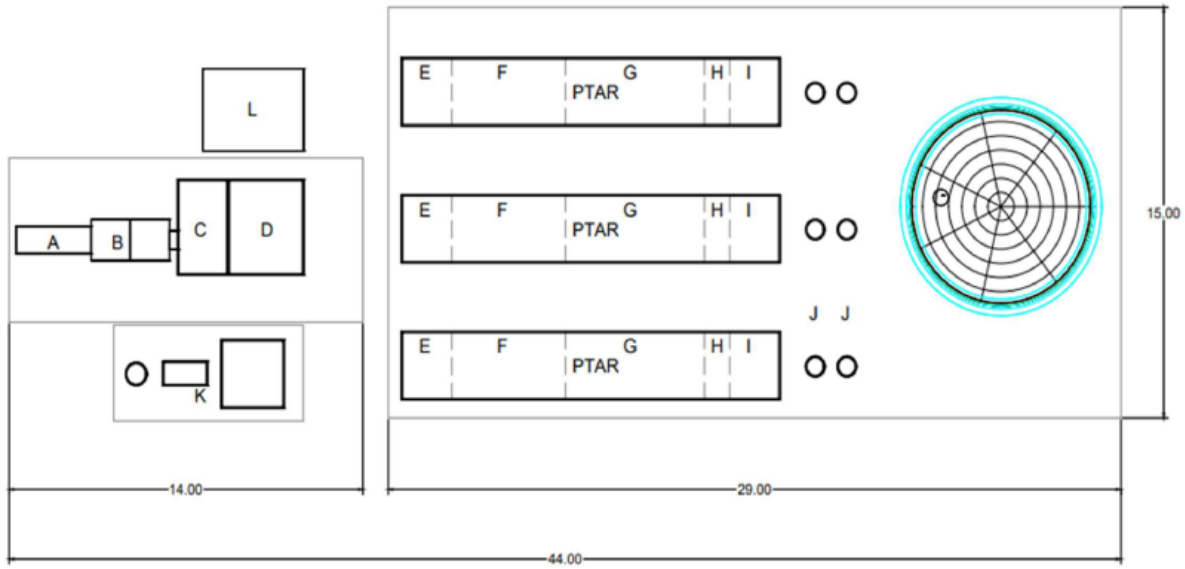


Figura 2.115 Vista planta



Obra civil

Para la correcta instalación y operación de la Planta Desaladora de Ósmosis Inversa (PDOI) y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se consideran las siguientes obras civiles y elementos estructurales:

- **Canal de alimentación** Dimensiones: 4.0 m (largo) × 1.0 m (ancho) × 1.0 m (profundidad). Construcción mediante muros de contención con espesor especificado, armados con varilla de ½" a cada 20 cm. Se utilizará concreto con una resistencia de 200 kg/cm².

- **Interceptor de grasas y aceites** Dimensiones: 3.1 m × 1.5 m × 1.5 m. Ejecutado mediante excavación y compactación del terreno, con muros de contención armados para proteger el volumen interior. Concreto de 200 kg/cm² de resistencia.

- **Cárcamo receptor** Dimensiones: 2.0 m × 3.5 m × 3.0 m de profundidad. Volumen total: 21.0 m³. Encajonado con muros de contención y firme de concreto, todo con resistencia de 200 kg/cm². Incluye excavación y compactación previa para garantizar estabilidad estructural.

- **Cárcamo de rebombeo** Dimensiones: 3.0 m × 3.5 m × 3.0 m de profundidad. Volumen total: 31.5 m³. Construcción con muros de contención armados con varilla de ½" y concreto de 200 kg/cm². Se incluye firme de concreto con espesor determinado por cálculo estructural, sobre base previamente compactada para asegurar nivelación adecuada.

- **Losa de concreto para tanque de almacenamiento** Dimensiones: 44 m × 15 m. Espesor: 30 cm. Concreto con resistencia de 250 kg/cm², armado con varilla de ½". Esta losa servirá como base para los tanques y equipos superficiales, por lo que debe garantizarse una nivelación precisa.

- **Cuarto de control de máquinas** Dimensiones: 3.0 m × 3.5 m × 3.0 m de altura. Construcción en obra negra con acabados, cimentación adecuada y uso de materiales conforme a especificaciones técnicas para su correcto funcionamiento.

- **Estructura de soporte para PTAR** Se contempla el levantamiento de vigas de concreto estructurales que proporcionarán soporte a cada módulo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Vigas de concreto para cada PTAR FRP:

Figura 2.116 Vista Superior

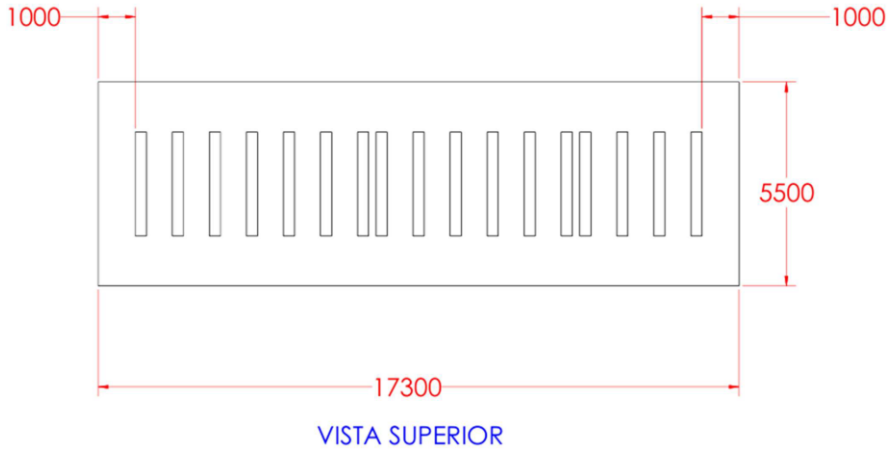
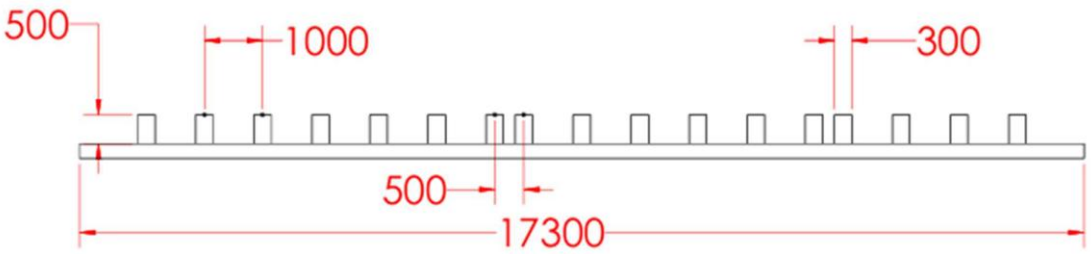
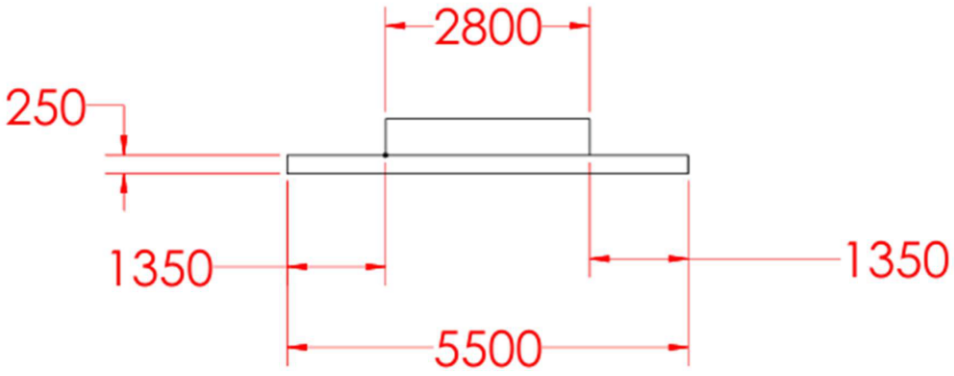


Figura 2.117 Vista frontal



VISTA FRONTAL

Figura 2.118 Vista lateral



VISTA LATERAL

2.5.4. Operación y Mantenimiento

La operación de las obras del Proyecto estará a cargo de los particulares que adquieran los Lotes, sin embargo, deberán sujetarse a los lineamientos generales determinados para el Proyecto, lo establecido en el "Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de La Paz, B.C.S., así como a los requerimientos establecidos en el Reglamento de Construcción de PLP. Su cumplimiento será supervisado por el Comité de Construcción del Desarrollo Inmobiliario.

2.5.5. Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

El Proyecto considera una vida útil de 99 años, periodo que podrá prolongarse, en cuyo caso, se realizará la gestión correspondiente ante la Autoridad.

De este modo, es a bien decir, que no se prevé una etapa de abandono para el Proyecto en sentido estricto. Sin embargo, en caso de que termine la vida útil del Proyecto y se llegue a la etapa de abandono, se llevarán a cabo las actividades de restauración del sitio que correspondan, dejando el predio en condiciones iguales o similares a las encontradas antes de la implementación del Proyecto y de acuerdo con la legislación ambiental aplicable e informando previamente a la autoridad competente.

2.6. INSUMOS

A continuación, se presenta una relación del personal especializado requerido durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del Proyecto, así como la maquinaria, equipo y otros insumos.

2.6.1.1. Personal requerido

Durante las actividades de preparación del sitio y construcción del Proyecto se requerirá personal especializado en el manejo de maquinaria pesada, de frente de obra, personal administrativo preferentemente de procedencia local (Tabla 2.48).

Tabla 2.48 Personal requerido durante las etapas de preparación y construcción del Proyecto.

Personal requerido	Preparación de sitio	Construcción
Oficiales	√	√
Peón	√	√
Operadores maquinaria	√	√
Ayudante general	√	√
Chofer	√	√
Carpinteros	√	√
Topógrafo	√	√
Maestro de obra	√	√
Cabo de oficios	√	√
Supervisión	√	√
Ing. Forestal	√	√
Biólogo	√	
Veterinario	√	
Ayudantes de campo	√	
Personal administrativo	√	√
Almacenista	√	√

Personal requerido	Preparación de sitio	Construcción
Maestro albañil		√
Ingeniero residente		√
Superintendente de Obra		√
Fierreros		√
Electricista		√
Plomero		√
Aluminero		√

El personal requerido para la etapa de operación será principalmente de tipo administrativo, de limpieza, vigilancia, y dedicado a diversas actividades incluido el mantenimiento de instalaciones y equipos. En la Tabla 2.49 se desglosa el personal requerido por etapa.

Tabla 2.49 Número de personal requerido para el desarrollo del Proyecto.

Personal requerido	Preparación del sitio - construcción	Operación y mantenimiento
Empleos directos	2,000	800
Empleos indirectos	9,000	4,000
Total	**11,000**	**4,800**

2.6.1.2. Maquinaria y equipo

Los materiales empleados para la preparación y construcción del Proyecto deberán de cumplir con la normatividad de construcción vigente. Los materiales requeridos se obtendrán de bancos de material o casas de material debidamente autorizados, preferentemente de poblaciones cercanas al área del Proyecto. El material producto de las excavaciones se podrá usar como materia prima de las obras del Proyecto, tales como, para la nivelación de las vialidades, el relleno de las zanjas, entre otros. Todo el material que pueda dispersarse fácilmente, entre ellos gravas, arenas y otros polvos, se deberá transportar y acopiar húmedo y cubierto de forma que se evite su dispersión.

En la Tabla 2.50 se presenta un listado de los materiales que se podrán usar para el Proyecto. Esta es indicativa mas no limitativa.

Tabla 2.50 Materiales necesarios para la construcción del Proyecto

Materiales	
Alambrón	Grava
Alambre recocido	Agua (pipas)
Varilla de acero	Block de concreto 15x20x40
Clavos	Tabicón ligero
Malla electro soldada 6x6 - 10x10	Bovedilla de concreto
Cable de cobre desnudo	Vigueta de concreto
Cemento tipo 1	Pegamento siler
Cemento blanco	Aceite Construcción y Mantenimiento
Cal hidratada	Arena Construcción
Cemento crest (20kg)	Taquete Expansivo

Materiales	
Masilla fina (40kg)	Tornillo galvanizado
Polvo de piedra	Concreto Premezclado
Block de Concreto	Tubo Sanitario
Cinta de Aislar Plástica	Poliducto de Alta densidad
Clavos de 2” a 4”	Tuberías plásticas de polietileno de alta densidad marca Extrupak o similar para agua potable
Pozos prefabricados de HDPE	Tuberías plásticas marca Sanipro o similar para agua residual
Trabes prefabricadas	Capa de compresión de concreto f'c=250 Kg/cm2
Malla geotextil	

2.6.1.3. Combustible

Para los trabajos de preparación y construcción del Proyecto se requerirá de combustible para el funcionamiento del equipo y maquinaria. No se prevé el almacenamiento de combustible mayor al necesario para el abastecimiento a la maquinaria (15 barriles)

Durante la etapa de operación, se prevé la instalación de un par de tanques de almacenamiento de Gas LP que será utilizado para el desarrollo de las actividades relacionadas con la operación de los hoteles. Cada tanque tendrá una capacidad de almacenamiento de 2,000 L. Adicionalmente, durante la operación el Proyecto se prevé que cada particular -propietario- de los lotes residenciales realice la instalación de tanques individuales de Gas LP.

En la Tabla 2.51 se muestra el consumo estimado combustible según la etapa de desarrollo.

Tabla 2.51 Consumo estimado de combustible por etapa de desarrollo del Proyecto

Etapa	Tipo	Consumo	Unidad
Preparación	Diesel	1400	L/día
Construcción	Diesel	1400	L/día
Operación	Gas LP	4000	L/día

2.6.1.4. Energía

Durante la etapa de preparación y construcción, el abastecimiento de energía eléctrica se realizará mediante plantas de emergencia provisionales. Una vez desarrollada la infraestructura eléctrica del Proyecto y ejecutadas las obras preliminares de conexión a la red, se implementará un sistema permanente de suministro a través de una red diseñada especialmente para este fin. Adicionalmente, se dejará una acometida a pie de cada lote para permitir que, en el momento oportuno, los desarrollos particulares puedan conectarse a la red y gestionar sus contratos individuales.

En la Tabla 2.52 se muestra el consumo estimado de energía eléctrica según la etapa de desarrollo.

Tabla 2.52 Consumo estimado de energía para las diferentes etapas del Proyecto

Etapa	Consumo diario (Kwh)	Consumo anual (Kwh)
Preparación	759.00	236,808.00
Construcción	1,554.00	484,848.00
Operación	318,667.51	114,720,304.23
Total	**320,980.51**	**115,441,960.23**

2.6.1.5. Agua

Como se mencionó anteriormente el suministro de agua para el Proyecto se obtendrá a través del tratamiento de agua marina utilizando una planta desalinizadora

Para atender la demanda máxima del proyecto, se requerirá un suministro de 7.18 litros por segundo (620.35 m^3/día). Sin embargo, considerando una ocupación promedio estimada del 60%, el consumo medio de agua potable será de 4.31 litros por segundo (372.38 m^3/día).

Adicionalmente, el proyecto se desarrollará a lo largo de 4 etapas, por lo que en un horizonte de 10 años (2035) solamente se requerirá el 62% del volumen estimado, es decir 1.87 [lps] (equivalente a 161.84 [m3/día]).

En la Tabla 2.53 se desglosa el requerimiento de agua potable por lote para la etapa de operación en un escenario de ocupación máxima.

Tabla 2.53 Consumo estimado de agua potable durante la etapa de operación en un escenario de ocupación máxima.

			Ocupación Máxima	
	Lotes	Uso	Q Instalado [m3]	Q instalado [lps]
Etapa 1	Lotes unifamiliares 1	Residencial	48.08	0.56
	MD-2 Vivienda	Residencial	29.29	0.34
	MD-2 Hotel	Hotelero	150.00	1.74
	V-1	Comercial	22.79	0.26
	CP	Servicios	12.00	0.14
Etapa 2	Lotes unifamiliares 2A	Residencial	25.45	0.29
	Lotes unifamiliares 2B	Residencial	31.11	0.36
	MD-3 Vivienda	Residencial	32.32	0.37
Etapa 3	MD-1 Vivienda	Residencial	11.11	0.13
	MD-4 Vivienda	Residencial	32.32	0.37
Etapa 4	Lotes unifamiliares 3A	Residencial	24.04	0.28
	Lotes unifamiliares 3B	Residencial	11.31	0.13
	Lotes RM-E	Residencial	16.97	0.20
	Hotel	Hotelero	150.00	1.74
		Demanda	**596.78**	**6.91**
		Aguas Tratadas	179.03	2.07
		Consumo A.P.	**417.75**	**4.84**

En la Tabla 2.53 se desglosa el requerimiento de agua potable por lote para la etapa de operación en un escenario de ocupación promedio.

Tabla 2.54 Consumo estimado de agua potable durante la etapa de operación en un escenario de ocupación promedio..

			Ocupación Promedio	
	Lotes	Uso	Q Demandado [m3]	Q Demandado [lps]
Etapa 1	Lotes unifamiliares 1	Residencial	28.85	0.33
	MD-2 Vivienda	Residencial	17.57	0.20
	MD-2 Hotel	Hotelero	90.00	1.04
	V-1	Comercial	22.79	0.26
	CP	Servicios	12.00	0.14
Etapa 2	Lotes unifamiliares 2A	Residencial	15.27	0.18
	Lotes unifamiliares 2B	Residencial	18.66	0.22
	MD-3 Vivienda	Residencial	19.39	0.22
Etapa 3	MD-1 Vivienda	Residencial	6.67	0.08
	MD-4 Vivienda	Residencial	19.39	0.22
Etapa 4	Lotes unifamiliares 3A	Residencial	14.42	0.17
	Lotes unifamiliares 3B	Residencial	6.79	0.08
	Lotes RM-E	Residencial	10.18	0.12
	Hotel	Hotelero	90.00	1.04
		Demanda	**371.98**	**4.31**
		Aguas Tratadas	111.59	1.29
		Consumo A.P.	**260.39**	**3.01**

2.6.1.6. Sustancias peligrosas y explosivos

Durante las etapas de preparación y construcción del Proyecto se estimada un consumo de Diesel de 1,440 L/día. Mientras que para la operación se estima el consumo de Gas LP para los conjuntos residenciales y hotelero. El Proyecto no considera el uso de explosivos en ninguna de su etapa de desarrollo.

2.7. GENERACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Por la naturaleza propia del Proyecto se espera la Generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que, de acuerdo con su alcance, la fuente de generación podrá ser Directa e Indirecta. En la Tabla 2.55 se presentan los procesos en los cuales se espera la GEI según la etapa de implementación, así como el tipo de gases que se podrían generar.

Tabla 2.55 Generación de GEI por el Proyecto.

Alcance	Preparación	Construcción	Operación
Directo	Se deberán a la combustión de los combustibles (Diesel, gasolina) requeridos para la operación de la maquinaria y equipo que se usarán para el acondicionamiento del terreno	Combustión del combustible (Diesel, gasolina) requerido para la operación de la maquinaria y equipo usado para la construcción del Proyecto.	Combustión del Gas LP
GEI-D	CO_2, CH_4 y N_2O	CO_2, CH_4 y N_2O	CO_2, CH_4 y N_2O
Indirecto	Generados por el consumo de energía eléctrica que se utilizará para abastecer de energía las instalaciones provisionales, tales como oficinas, comedor, bodegas y demás. Así como la iluminación del predio.	Consumo de energía eléctrica utilizada para abastecer las instalaciones provisionales del Proyecto y la iluminación provisional, así como para la alimentación de la bomba para la extracción de agua del pozo 2.	Consumo de energía eléctrica para la operación del Proyecto. La cual será suministrada por la red de energía eléctrica diseñada y construida de manera específica del Proyecto.
GEI-I	CO_2, CH_4 y N_2O	CO_2, CH_4 y N_2O	CO_2, CH_4 y N_2O

Para realizar la estimación de la emisión directa de CO_2 equivalente de las obras y actividades del Proyecto durante la etapa de preparación, se aplicará la siguiente metodología de cálculo por factores de emisión de acuerdo con lo establecido en el *Acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero* publicado en el Diario Oficial de la Federación el 03 de septiembre de 2015. Se calculará la cantidad que se genera de cada GEI mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$E_{CO_2} = VC \times PC \times FE_{CO_2}$$

$$E_{CH_4} = VC \times PC \times FE_{CH_4}$$

$$E_{N_2O} = VC \times PC \times FE_{N_2O}$$

Dónde:

E_{CO2}	Emisiones de dióxido de carbono en toneladas [t]
E_{CH4}	Emisiones de metano en kilogramos [kg]
E_{N2O}	Emisiones de óxido nitroso en kilogramos [kg]
VC	Consumo de combustible al año en litros [L] o metros cúbicos [m^3]
PC	Poder calorífico de cada combustible [MJ/L o MJ/m^3]
FE	Factor de emisión de cada gas [t/MJ o Kg/MJ]

El factor de emisión de cada gas se tomó de los valores establecidos en el Manual del Programa de Inventarios de Emisiones de México Volumen III - Técnicas Básicas de

Estimación de Emisiones, sus valores se enlistan en la Tabla 2.56; en el *Acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero* publicado en el Diario Oficial de la Federación el 03 de septiembre de 2015 se señala que para la estimación de la emisión indirecta por consumo de electricidad se aplicará la siguiente fórmula:

$$E_{CO_2e} = W_{Elect} \times FE_{Elect}$$

Dónde:

E_{CO2e}	Emisiones de dióxido de carbono equivalente proveniente del consumo de energía eléctrica [t CO_2e]
W_{Elect}	Consumo de energía eléctrica [MWh]
FE_{Elect}	Factor de emisión por consumo de energía eléctrica [t CO_2/MWh]

El FE_{Elect} que se deberá usar es el que publique año con año la SEMARNAT, que de acuerdo con su último reporte emitido en este año 2025[3] y que corresponde a **0.444 toneladas de CO_2 / MWh**.

Tabla 2.56 Factores para el cálculo de emisiones directas e indirectas de GEI, (factor de emisión ap-42)

Combustible	CO_2 (Ton/m3 combustible)	CH_4 (Ton/m3 combustible)	N_2O (Ton/m3 combustible)
Diesel	2.676	0.0000336	0.0066
Gasolina y naftas	2.11639153862265	0.0000336	0.0224007675841228
Electricidad	CO_2 (t/MWh)		
Consumo	0.444		

A partir de la aplicación de las fórmulas y factores anteriores, en la Tabla 2.57 se presentan las estimaciones de la cantidad de emisiones de GEI que se generarán durante las diferentes etapas de implementación del Proyecto.

Tabla 2.57 Estimación de la generación de Gases de Efecto Invernadero por etapa del Proyecto.

Etapa de Preparación del Sitio					
Combustible	**Consumo (m^3/año)**	**CO_2 (t/MJ)**	**CH_4 (t/MJ)**	**N_2O (t/MJ)**	**Emisiones anuales GEI (tCO_2e/año)**
Diesel	511	1367.436	0.0171	3.372	1370.825
Electricidad	**Consumo (MWh)**	**Emisiones anuales GEI (tCO_2e/año)**			
Consumo	236.808	105.1427			
Etapa de Construcción					
Combustible	**Consumo (L/año)**	**CO_2 (t/MJ)**	**CH_4 (t/MJ)**	**N_2O (t/MJ)**	**Emisiones anuales GEI (tCO_2e/año)**
Diesel	511	1367.436	0.0171	3.372	1370.825

[3] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/980977/AvisoFESEN_2024.pdf

Electricidad	Consumo (MWh)	Emisiones anuales GEI (tCO_2e/año)			
Consumo	484.848	215.2725			
Etapa de Operación					
Combustible	Consumo (m^3/año)	CO_2 (t/MJ)	CH_4 (t/MJ)	N_2O (t/MJ)	Emisiones anuales GEI (tCO_2e/año)
Diesel	1,460	3906.960	0.049	9.636	3916.645
Electricidad	Consumo (MWh)	Emisiones anuales GEI (tCO_2e/año)			
Consumo	114,720.30423	50,935.81			

2

2.8. GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS

Preparación	Construcción	Operación y Mantenimiento
Residuos Sólidos Urbanos		
Los residuos vegetales producidos por el desmonte de las áreas de aprovechamiento se enviarán al vivero temporal PLP, donde serán triturados para usarse en el mejoramiento de las áreas verdes, de reforestación y de conservación del Plan Maestro. El material edáfico producto de las labores de despalme se enviará al vivero, en donde se usará preferentemente para las labores de rescate de vegetación, jardinería y reforestación, también podrá ser utilizado como elemento de nivelación y para la conformación de las áreas verdes del macro proyecto, no se espera tener excedentes. El material producto de las excavaciones se podrá utilizar para las actividades de relleno que se requieran en otras obras del Plan Maestro, tales como vialidades, relleno de las zanjas, obras del drenaje pluvial, residenciales, Por otro lado, se podrán generar residuos sólidos por los trabajadores de obra, tales como envases de plástico, papel, cartón, diversos metales, vidrio y restos de alimentos. Para los residuos que sean susceptibles de ser reciclados se colocarán contenedores de 200 L debidamente señalados en lugares estratégicos cerca de los frentes de obra, estos se recolectarán como máximo cada tercer día y se almacenarán de manera temporal en un área específica del predio y serán retirados por personal de una empresa particular debidamente acreditada para su disposición final. Para los residuos sólidos producto de la alimentación de los trabajadores se colocarán contenedores de 20 L con tapa debidamente señalados. El resto de los residuos que se generen se deberán disponer en botes de 200L debidamente rotulados. Los residuos serán dispuestos a los servicios de limpia municipal. Los contenedores se colocarán en cerca de los frentes de obra, Durante el desarrollo de todas las actividades relacionadas con la preparación del sitio y construcción, se vigilará que no se dispongan residuos sólidos en las áreas circundantes a la zona de obras, con la finalidad de evitar su contaminación.	Durante esta etapa los residuos sólidos se generarán por la actividad de los trabajadores y por las actividades propias de la obra. Los residuos generados por la actividad de los trabajadores consistirán principalmente en residuos asociados a comida, tales como: envolturas, empaques, contenedores de vidrio, aluminio, plásticos, así como cartón, papel, metal, y materia orgánica. Los residuos generados se deberán separar para su máximo aprovechamiento en orgánicos, inorgánicos reciclables (papel y cartón, plásticos PET y HDPE, botellas de vidrio, aluminio) e inorgánicos no reciclables. Para lo cual se colocarán contenedores de 200 L con tapa debidamente identificados en lugares estratégicos cerca de los frentes de obra y áreas administrativas. Se recolectarán como máximo cada tercer día y se enviarán al sitio de almacenamiento temporal del Proyecto. Posteriormente, serán recolectados por una empresa acreditada para llevarlos al sitio de disposición final autorizado en conformidad con la normatividad aplicable. Además, se espera la generación de residuos sólidos de manejo especial propios de la construcción tales como PVC, escombro, chatarra, madera y productos afines. Estos se enviarán al almacén temporal de residuos, donde posteriormente serán recolectados por una empresa particular acreditada para su reutilización, reciclaje o disposición final en sitio debidamente autorizado.	Se generarán residuos sólidos urbanos por la operación del Proyecto por los habitantes, visitantes y trabajadores, que se generan de manera común en áreas residenciales, tales como: papel, cartón y productos de papel, latas de aluminio, plásticos principalmente PET y HDPE, botellas de vidrio, vidrio de color, vidrio transparente, metal, textil; residuos orgánicos de comida, de jardines y áreas verdes y de materiales orgánicos similares; y otros tipos como residuos finos, pañales desechables, etc. En las áreas de uso común se contarán con contenedores debidamente identificados en orgánicos, inorgánicos reciclables (papel y cartón, plásticos PET y HDPE, botellas de vidrio, aluminio) e inorgánicos no reciclables, en donde los visitantes y trabajadores podrán disponer de manera separada los residuos. Mientras que en los residenciales deberán de separar de igual forma sus residuos. Se establecerá una estrategia mediante la cual se recojan los residuos de manera diferenciada en días de modo que no se contaminen entre ellos. Los residuos serán recolectados y enviados a un sitio de acopio en donde empresas autorizadas para tal fin los recogerán y trasladarán al sitio para su tratamiento (reciclables) y disposición final en relleno sanitario para los no reciclables.

Preparación	Construcción	Operación y Mantenimiento
Residuos Líquidos		
La generación de residuos líquidos en esta etapa se deberá a las aguas residuales procedentes de los diferentes frentes de obra y oficinas administrativas, para los cuales se rentarán a una empresa especializada y acreditada sanitarios portátiles a razón de uno para cada 25 trabajadores. Los residuos serán colectados por la empresa especializada y transportados hasta el sitio de disposición final debidamente autorizada.	Al igual que en la etapa de preparación del sitio, se espera la generación de aguas residuales procedentes de los diferentes frentes de obra y oficinas administrativas. Se rentarán a una empresa especializada y acreditada sanitarios portátiles a razón de uno para cada 25 trabajadores misma que se encargará de darles mantenimiento y retirarlos al final de la obra. Los residuos serán colectados por la empresa especializada y transportados hasta el sitio de disposición final debidamente autorizada.	Se estima que el agua potable se disponga como agua residual, que será captada por la red hidrosanitaria y conducida hacia la PTAR del Proyecto, en donde recibirá su adecuado tratamiento que cumpla con la NOM-003-SEMARNAT-1997, para su posterior utilización en el riego de las áreas verdes del proyecto, jardines, limpieza de patios, descargas de inodoros, entre otros.
Residuos Peligrosos		
No se considera el almacenamiento de combustibles ni aceites al interior del predio, sin embargo, se espera que, durante esta etapa, los residuos peligrosos que se podrían generar se deben a trapos o estopas impregnadas con grasas y aceites, baterías, provenientes de mantenimiento menores de la maquinaria y equipos. Se le exigirá al contratista que se encargue de retirar los residuos generados y que les de su adecuado manejo y disposición final de acuerdo con la normatividad aplicable. En caso de necesitar un mantenimiento mayor a la maquinaria, se realizará en talleres ubicados en las localidades cercanas, para evitar posible contaminación al suelo dentro del predio	No se considera el almacenamiento de combustibles ni aceites al interior del predio, sin embargo, se espera que, durante esta etapa, los residuos peligrosos que se podrían generar se deben a trapos o estopas impregnadas con grasas y aceites, baterías, provenientes de mantenimiento menores de la maquinaria y equipos. Se le exigirá al contratista que se encargue de retirar los residuos generados y que les de su adecuado manejo y disposición final de acuerdo con la normatividad aplicable. En caso de necesitar un mantenimiento mayor a la maquinaria, se realizará en talleres ubicados en las localidades cercanas, para evitar posible contaminación al suelo dentro del predio Se solicitará a las empresas responsables de la maquinaria y equipo ocupado durante la construcción del proyecto, que le den el mantenimiento preventivo que corresponda a fin de reducir las emisiones de humo y ruido, así como para prevenir la caída de aceites y grasas al suelo. De ser necesario realizar un mantenimiento mayor a la maquinaria de construcción, éste se realizará en talleres ubicados en las localidades cercanas, para evitar posible contaminación al suelo dentro del predio	Los residuos peligrosos que se generarán por la operación del Proyecto se deberán a las actividades de mantenimiento y serán, thinner, sobrantes de pintura, esmaltes, aceites y lubricantes, estopas impregnadas, aceites quemados, baterías gastadas de los carritos de golf, así como lodos activados provenientes de la PTAR. Estos residuos serán confinados temporalmente en contenedores de plástico o metal (según corresponda) debidamente identificados, en un almacén destinado para tal fin, para que posteriormente sean recolectados por una empresa especializada y autorizada para su manejo y disposición final. El almacén temporal deberá cumplir con las indicaciones señaladas en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos, como lo establecen los artículos 14 al 17 aplicables a los almacenamientos de este tipo de residuos y que se enlistan a continuación: • Estará separado de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados. • Estará ubicado en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones. • Contará con muros de contención. • Estará ubicado en zonas donde se reducen los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones. • Contará con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos en lugares y formas visibles.

2025

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL. PUNTA LA PAZ



CAPÍTULO 3

VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTO JURÍDICOS APLICABLES

3.1. INTRODUCCIÓN 3

3.2. CONVENIOS Y TRATADOS INTERNACIONALES 3

3.2.1. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 4

3.2.2. Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo 5

3.2.3. Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales "Protocolo de San Salvador”.. 6

3.2.4. Agenda para el Desarrollo Sostenible 7

3.2.5. Convenio sobre la Diversidad Biológica 9

3.2.6. Acuerdo de Escazú 10

3.3. COSTITUCIÓN POLITICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS 11

3.4. LEYES 13

3.4.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente 13

3.4.2. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 16

3.4.3. Ley General de Vida Silvestre 17

3.4.4. Ley de Aguas Nacionales 21

3.4.5. Ley General de Cambio Climático 25

3.4.6. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 32

3.4.7. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental 35

3.4.8. Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos 35

3.5. REGLAMENTOS 37

3.5.1. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia De Evaluación del Impacto Ambiental. 37

3.5.2. Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones. 40

3.6. PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO 48

3.6.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) 48

3.6.2. Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California. 68

3.7. PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO MINICIPALES 76

3.7.1. Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de La Paz Baja California Sur (2018). 76

3.7.1.1. Política Especial de Protección de Mangle 86

3.7.1.2. Zona Federal 89

3.7.1.3. Compatibilidad 89

3.7.1.4. Parámetros urbanos 91

3.8. DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS 93

3.9. Sitios prioritarios 98

3.10. Regiones Terrestres prioritarias 99

3.11. Regiones Marinas prioritarias 100

3.12. Regiones Hidrológicas Prioritarias. 103

3.13. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) 104

3.14. Sitios RAMSAR 106

3.15. NORMAS OFICIALES MEXICANAS 108

3.15.1. NOM-022-SEMARNAT-2003 111

3.16. CONCLUSIONES 120

CAPÍTULO 3. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTO JURÍDICOS APLICABLES

3.1. INTRODUCCIÓN

La manifestación de impacto ambiental es el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo; conforme a su definición plasmada en el artículo 3 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. De esta forma, en cumplimiento con las disposiciones de los Artículos 28 y 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), así como los Artículos 5 y 13 del Reglamento en Materia de Impacto Ambiental (REIA), de la citada Ley, en este capítulo se presenta la vinculación del proyecto con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos en materia ambiental que le son aplicables.

En este apartado se demuestra de manera puntual que el proyecto es viable en cuanto a las disposiciones jurídicas ambientales que le son atribuibles, evidenciando mediante un análisis estricto el cumplimiento a las disposiciones legales, criterios, ordenamientos y disposiciones regulatorias aplicables tanto al caso, como al área en concreto. Con el fin de facilitar la consulta de la información vertida, se incluyen planos de ubicación espacial del proyecto respecto a los diferentes instrumentos jurídicos, así como datos de referencia.

3.2. CONVENIOS Y TRATADOS INTERNACIONALES

La Constitución Federal y las Convenciones Internacionales suscritas y ratificadas por nuestro país en términos del art. 133 de la Carta Magna son la norma suprema en el país. Ahora bien, aun cuando a lo largo del tiempo se ha debatido respecto del Principio de Jerarquía Normativa entre la Constitución y los Tratados Internacionales, se debe señalar que el Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación resolvió la contradicción de tesis denunciada bajo el expediente 293/2011, estableciendo que los tratados y la Constitución se deben interpretar y observar de forma integral y no jerárquica en materia de derechos humanos.

Si bien la Contradicción de Tesis se refirió expresamente a los derechos de tercera generación consignados en el artículo 1º Constitucional, a partir de su reforma de junio de 2011, una vez que se ha reconocido al derecho a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de la persona, como “[derecho] humano”, es de concluirse que los tratados internacionales en la materia deben ser igualmente observados de forma integral.

Asimismo, no se debe pasar por alto que los Tratados Internacionales a los que México está suscrito en materia de medio ambiente son una “brújula” que establece directrices respecto a diferentes principios y medidas a considerar por parte tanto de las autoridades legislativas para orientarlos en las políticas de esta materia, como de los Promoventes de proyectos que puedan afectar de alguna manera los ecosistemas.

Con lo anterior en consideración, al dar total y estricto cumplimiento a la legislación mexicana en materia ambiental, así como a las consideraciones existentes en el derecho internacional, se da cumplimiento a este apartado.

A continuación, se presenta una vinculación con los Tratados Internacionales firmados por México que son directamente aplicables al proyecto:

3.2.1. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) fue firmada en Nueva York el 13 de junio de 1992, suscrita por el gobierno mexicano el 13 de junio de ese mismo año, aprobada por la Cámara de Senadores el 3 de diciembre de 1992, según Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 13 de enero de 1993 y ratificado por el Ejecutivo el 24 de febrero de 1993 (Diario Oficial de la Federación, 1993)[1].

Este es un "documento marco", es decir, un texto que debe enmendarse o desarrollarse con el tiempo para que los esfuerzos frente al calentamiento atmosférico y el cambio climático puedan orientarse mejor y ser más eficaces. Uno de los principales objetivos de este convenio es obtener la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

En la CMNUCC, se reconoce que todos los países necesitan tener acceso a los recursos necesarios para lograr un desarrollo económico y social sostenible. En ese tenor, si bien es el Estado quien debe adoptar los lineamientos convencionales y traducirlos a la legislación positiva vigente, ciertos principios del acuerdo son de tal manera universales que permiten la vinculación de cualquier actor sectorial de la economía nacional a éstos, como adelante se describe.

Artículo 3: Las partes, en las medidas que adopten para lograr el objetivo de la convención y aplicar sus disposiciones, se guiarán, entre otras cosas, por lo siguiente:

1. *Las partes deberían proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y futuras, sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus respectivas capacidades. En consecuencia, las partes que son países desarrollados deberían tomar la iniciativa en lo que respecta a combatir el cambio climático y sus efectos adversos.*

Vinculación: El desarrollo humano actualmente debe tener como objetivo ser sostenible, por lo que el proyecto consideró en su diseño las regulaciones establecidas por las disposiciones jurídicas que le aplican, con el objetivo de establecer las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente, tal y como establece el procedimiento de evaluación de impacto ambiental. Se manifiesta que se tendrá especial atención en el manejo integral de los residuos, incluyendo los peligrosos y biológico infecciosos, en caso de generarse.

[1] Diario Oficial de la Federación. (13 de 01 de 1993). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4710809&fecha=13/01/1993&cod_diario=203013

Asimismo, los artículos 3° y 4° de este Decreto, señalan principios y compromisos para prevenir, mitigar o reducir las causas del cambio climático, con el fin de alcanzar el desarrollo sostenible para las generaciones futuras; los cuales se considerarán en el diseño y operación del proyecto.

De este modo, por medio de los instrumentos jurídicos que guían el desarrollo ambiental de nuestro país, se verifica que el proyecto dé cumplimiento a lo establecido en ellos.

3.2.2. Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo

El Tratado de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, también conocido como la Declaración de Río o la Agenda 21, es un acuerdo internacional que se firmó en la Cumbre de la Tierra de 1992 en Río de Janeiro, Brasil. La cumbre fue convocada por las Naciones Unidas y contó con la participación de líderes mundiales, organizaciones no gubernamentales, grupos de la sociedad civil y otros actores importantes en el ámbito del desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 1992).[2]

El tratado tiene como objetivo promover un desarrollo sostenible a nivel mundial, equilibrando la necesidad de un crecimiento económico con la protección del medio ambiente y la promoción de la justicia social. El documento establece un conjunto de principios para guiar las políticas y prácticas de los gobiernos y otros actores en relación con la sostenibilidad ambiental y el desarrollo.

El Tratado de Río incluye también un plan de acción detallado, conocido como Agenda 21, que establece objetivos y estrategias para avanzar hacia un futuro sostenible. La Agenda 21 se enfoca en temas como la gestión de los recursos naturales, la energía, la agricultura, la salud pública, la educación y la participación ciudadana.

En México, el Tratado de Río fue firmado en la Cumbre de la Tierra de 1992 y se comprometió a cumplir con los principios y objetivos establecidos en el tratado. México también adoptó la Agenda 21 como parte de su política nacional de desarrollo sostenible. Desde entonces, el país ha trabajado para implementar políticas y programas que fomenten la sostenibilidad ambiental y el desarrollo sostenible en todas las áreas de la sociedad.

En ese sentido, se presenta en la siguiente Tabla 3.1, la vinculación del proyecto con los Principios aplicables:

Tabla 3.1 Vinculación del proyecto con la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.

Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo	
Principio 1	Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
La Promovente se compromete a realizar un proyecto que se enfocará en el desarrollo sostenible de la zona, propiciando el turismo y un mecanismo de conservación del patrimonio biocultural de la región sureste de México. En atención a lo anterior, el proyecto se realizó con base en estudios que permitieron diseñar la infraestructura de una forma armónica que se integre con el ecosistema presente en el Sistema Ambiental Regional (SAR).	

[2] Naciones Unidas. (03-14 de 06 de 1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Obtenido de https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N92/836/58/PDF/N9283658.pdf?OpenElement

Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo	
Principio 3	El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras.
El Promovente reconoce y adoptará las medidas que aseguren un aprovechamiento que atienda las condiciones presentes sin comprometer las necesidades y el desarrollo de las futuras generaciones, conforme a lo descrito en esta MIA-R.	
Principio 4	A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.
Se cumple este principio mediante el mínimo aprovechamiento de la superficie del área del proyecto, evitando de esta manera, la afectación de la integridad de los ecosistemas presentes dentro del polígono del proyecto y el SAR descrito en el Capítulo 4; logrando un equilibrio mediante estrictas medidas de compensación y mitigación que se establecen en el Sistema de Manejo (SM) incluido en el Capítulo 6, tomando como base fundamentos técnicos y científicos, así como la experiencia dentro del sector.	
Principio 15	Con el fin de proteger el medio ambiente, los estados deberán aplicar ampliamente el criterio de preocupación conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.
Esta es una obligación dirigida a las autoridades, sin embargo, al respetar y acatar las obligaciones incluidas en los ordenamientos jurídicos aplicables de índole ambiental, así como diseñando y aplicado las medidas de mitigación y compensación necesarias, se cumple con lo establecido en el Tratado de Río.	

3.2.3. Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales "Protocolo de San Salvador"

El Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en Materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, también conocido como el "Protocolo de San Salvador", es un acuerdo internacional que busca garantizar la protección y promoción de los derechos económicos, sociales y culturales en la región de América Latina y el Caribe. El protocolo se enfoca en derechos como el derecho al trabajo, la educación, la salud, la vivienda, la alimentación y la cultura (Diario Oficial de la Federación, 1998).[3]

El protocolo fue adoptado por los países miembros de la Organización de los Estados Americanos (OEA) en San Salvador, El Salvador, en noviembre de 1988. Fue diseñado para complementar y fortalecer la Convención Americana sobre Derechos Humanos, que ya incluía protecciones para los derechos civiles y políticos.

En México, el Protocolo de San Salvador fue firmado en septiembre de 1998 y ratificado en mayo de 2001[4]. La ratificación del protocolo significa que México se compromete a cumplir con las obligaciones establecidas en el acuerdo y a garantizar la protección y promoción de los derechos económicos, sociales y culturales de su población. Además, México ha implementado políticas y programas para cumplir con las obligaciones establecidas en el Protocolo de San Salvador, incluyendo iniciativas en áreas como la educación, la salud y la

[3] Diario Oficial de la Federación. (01 de 09 de 1998). *Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en Materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales*.

[4] Decreto Promulgatorio del Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en Materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales “Protocolo de San Salvador”, adoptado en la ciudad de San Salvador, el diecisiete de noviembre de mil novecientos ochenta y ocho. Diario Oficial de la Federación, 01 de septiembre de 1998.

vivienda. A continuación, se presenta la vinculación del proyecto con los artículos aplicables:

> ***Artículo 2. Obligación de adoptar disposiciones de derecho interno.***
>
> *Si el ejercicio de los derechos establecidos en el presente Protocolo no estuviera ya garantizado por disposiciones legislativas o de otro carácter, los Estados Partes se comprometen a adoptar, con arreglo a sus procedimientos constitucionales y a las disposiciones de este Protocolo las medidas legislativas o de otro carácter que fueren necesarias para hacer efectivos tales derechos.*
>
> *(…)*
>
> ***Artículo 11. Derecho a un medio ambiente sano***
>
> *1. Toda persona tiene derecho a vivir en un medio ambiente sano y a contar con servicios públicos básicos.*
>
> *2. Los Estados Partes promoverán la protección, preservación y mejoramiento del medio ambiente (página 3 y 5).*

Respecto al Artículo 2, se manifiesta que, al dar cumplimiento a las disposiciones legislativas de la materia que nos compete, las cuales deben adaptar lineamientos internacionales, se cumple de manera indirecta con lo establecido en este Protocolo.

Con relación al Artículo 11, como se demuestra a lo largo de este y los demás capítulos de la presente MIA-R, el proyecto representa un desarrollo turístico y un mecanismo de conservación del patrimonio biocultural de la región, con un fuerte compromiso con el medio ambiente, integrando los ecosistemas presentes en su superficie y el Sistema Ambiental, al diseño de proyecto. De esta forma, se propone un espacio dirigido al desarrollo sustentable en armonía con el ambiente, evitando la afectación al mismo.

Con lo anterior en consideración, se cumple con lo establecido en este Tratado Internacional.

3.2.4. Agenda para el Desarrollo Sostenible

El 25 de septiembre de 2015 se aprobó la Agenda para el Desarrollo Sostenible. El documento final, titulado “Transformar Nuestro Mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, fue adoptado por los 193 Estados Miembros de las Naciones Unidas. Dicho documento incluye los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) cuyo objetivo poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia, y hacer frente al cambio climático sin que nadie quede rezagado para el 2030 (Asamblea General. Naciones Unidas, 2015).

La Agenda para el Desarrollo Sostenible pretende funcionar a través de la colaboración y la coordinación global, involucrando a gobiernos, empresas, organizaciones no gubernamentales, grupos de la sociedad civil y otros actores relevantes. La implementación de la agenda depende de la acción conjunta y la participación activa de todos estos actores en cada nivel, desde el local hasta el global.

Para lograr los objetivos de la Agenda para el Desarrollo Sostenible, los países y otros actores relevantes deben trabajar juntos para implementar políticas y programas que

fomenten el desarrollo sostenible en todas las áreas de la sociedad. Esto incluye la adopción de políticas económicas sostenibles, la inversión en infraestructura y tecnologías sostenibles, la promoción de la igualdad y la justicia social, y la protección y conservación de los recursos naturales.

Al respecto, la Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015[5] establece los siguientes principios y compromisos comunes:

> *10. La nueva Agenda se inspira en los propósitos y principios de la Carta de las Naciones Unidas, incluido el pleno respeto del derecho internacional. Sus fundamentos son la Declaración Universal de Derechos Humanos, los tratados internacionales de derechos humanos, la Declaración del Milenio y el Documento Final de la Cumbre Mundial 2005. Se basa asimismo en otros instrumentos, como la Declaración sobre el Derecho al Desarrollo.*
>
> *11. Reafirmamos los resultados de todas las grandes conferencias y cumbres de las Naciones Unidas, que han establecido una base sólida para el desarrollo sostenible y han ayudado a conformar la nueva Agenda, en particular la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Social, el Programa de Acción de la Conferencia Internacional sobre la Población y el Desarrollo, la Plataforma de Acción de Beijing y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible. Reafirmamos también las actividades de seguimiento de esas conferencias, incluidos los resultados de la Cuarta Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Países Menos Adelantados, la Tercera Conferencia Internacional sobre los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo, la Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Países en Desarrollo Sin Litoral y la Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres.*
>
> *12. Reafirmamos todos los principios de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, incluido, entre otros, el de las responsabilidades comunes pero diferenciadas, que se enuncia en el principio 7 de esa Declaración (página 4 y 5).*

En tal virtud, se manifiesta que el presente proyecto se compromete a incorporar sus operaciones dentro de los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**, diseñando e implementando diversas medidas alineadas a este Acuerdo, medidas que son descritas a detalle en el Capítulo 6 de esta MIA-R.

De igual forma, dando cumplimiento a lo establecido en los Tratados Internacionales vinculados previamente, así como la legislación aplicable en México, se verifica la observancia y el compromiso de la empresa Promovente con estos ODS.

[5] Resolución A/RES/70/1 [Naciones Unidas]. Por la cual la Asamblea General aprueba el siguiente documento final de la cumbre de las Naciones Unidas para la aprobación de la agenda para el desarrollo después del 2015- 25 de septiembre de 2015.

3.2.5. Convenio sobre la Diversidad Biológica

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD) entró en vigor en los Estados Unidos Mexicanos el 29 de diciembre de 1993, fecha en la que México se adhirió este de manera formal. Se considera que este es el mecanismo internacional más trascendental para impulsar la conservación y el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales, buscando un desarrollo sostenible (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 1992).[6]

Se presenta la vinculación del proyecto con los Principios aplicables:

Tabla 3.2 Vinculación del proyecto con el Convenio sobre la Diversidad Biológica

Vinculación del proyecto con el Convenio sobre la Diversidad Biológica	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
Artículo 7. Identificación y seguimiento Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda, en especial para los fines de los artículos 8 a 10: a) Identificará los componentes de la diversidad biológica que sean importantes para su conservación y utilización sostenible, teniendo en consideración la lista indicativa de categorías que figura en el anexo I; b) Procederá, mediante muestreo y otras técnicas, al seguimiento de los componentes de la diversidad biológica identificados de conformidad con el apartado a), prestando especial atención a los que requieran la adopción de medidas urgentes de conservación y a los que ofrezcan el mayor potencial para la utilización sostenible; (…)	El Proyecto cuenta con estudios descritos a lo largo de los Capítulos de la presente MIA-R, particularmente el Capítulo 4, incluyendo: • Caracterización de la vegetación • Caracterización de la fauna terrestre De esta forma, se pudieron prever los posibles impactos que se generarán y se diseñaron medidas de prevención, mitigación y compensación con el objetivo de minimizar los efectos negativos sobre este factor del medio susceptible, incluyendo diversos programas de monitoreo de los componentes bióticos del proyecto, para el registro periódico de sus condiciones antes de iniciar la etapa de construcción del proyecto y durante la vida útil del mismo.
Artículo 8. Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda […]: Procurará establecer las condiciones necesarias para armonizar las utilizaciones actuales [del suelo] con la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes […]	El Proyecto, por el tipo de obras y acciones que propone, coadyuvará al cumplimiento de las obligaciones adquiridas por el Estado Mexicano conforme a los artículos referidos de la CDB, constituyéndose como un instrumento de armonización del uso de suelo urbano de la zona con la conservación de la biodiversidad biológica presente en la región, así como la utilización sustentable del ecosistema costero a rehabilitarse. De esta forma, al someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, el cual estará abierto a la participación pública en términos de la LGEEPA y el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, se coadyuva

[6] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (13 de 06 de 1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Obtenido de https://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/implementacion_cbd_mex

Vinculación del proyecto con el Convenio sobre la Diversidad Biológica	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
Artículo 14. Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda: […] Establecerá procedimientos apropiados por los que se exija la evaluación del impacto ambiental de sus Proyectos propuestos que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica con miras a evitar o reducir al mínimo esos efectos y, cuando proceda, permitirá la participación del público en esos procedimientos […]	con el Estado Mexicano para demostrar el cumplimiento con el CDB. Asimismo, el proyecto no plantea de manera alguna la utilización de recursos biológicos, por el contrario, plantea acciones de conservación robustas al respecto.

Con lo anterior en consideración, se demuestra el cumplimiento del proyecto con el Convenio sobre la Diversidad Biológica.

3.2.6. Acuerdo de Escazú

El Acuerdo de Escazú, es un instrumento vinculante emanado de la Declaración sobre la Aplicación del Principio 10 de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible de 2012. Este acuerdo reconoce que el mejor modo de abordar las cuestiones ambientales es con la participación de todas las personas (Naciones Unidas, 2018).[7]

El Estado Mexicano firmó el Acuerdo el 27 de septiembre de 2018 y el Senado de la República lo ratificó el 5 de noviembre de 2020. Así, este Acuerdo entró en vigor para todos los países miembros el 22 de abril de 2021.

De manera general, el objetivo de este tratado es garantizar la implementación plena y efectiva en América Latina y el Caribe de los derechos de acceso a la información ambiental, la participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y el acceso a la justicia en asuntos ambientales. Asimismo, se busca la creación y el fortalecimiento de las capacidades y la cooperación, contribuyendo a la protección del derecho de los individuos y las comunidades, así como de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un medio ambiente sano y al desarrollo sostenible.

En atención a lo anterior, el proyecto, al sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Impacto Ambiental, el expediente de evaluación de la MIA, una vez integrada en los términos del artículo 20 Reglamento en cuestión, estará a disposición de cualquier persona para su consulta.

En este sentido, al atender lo establecido en el marco normativo aplicable en materia de impacto ambiental, se da cumplimiento a lo establecido en el presente Tratado Internacional.

[7] Naciones Unidas. (04 de 03 de 2018). *Acuerdo de Escazú*. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43595/S2200798_es.pdf

3.3. COSTITUCIÓN POLITICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) de 1917 es la norma fundamental o "Carta Magna" de nuestro país, establecida para regir jurídicamente a la República Mexicana. Dentro de esta, se fijan y definen las relaciones tanto de coordinación, supra ordinación y de supra a subordinación; estableciendo los límites existentes entre estas (Diario Oficial de la Federación, 2023).

Aunado a lo anterior, la CPEUM precisa las bases para el gobierno y la organización de las instituciones, así como los derechos y los deberes de la ciudadanía mexicana; separándose en dos apartados generales: La parte *dogmática* y la parte *orgánica,* siendo la primera la que establece los derechos y libertades con los que cuenta toda persona en la República, y la segunda, la que enuncia la organización de los poderes públicos con sus respectivas competencias.

Esta Constitución Federal señala en su artículo 133 lo siguiente:

> *"Artículo 133. Esta Constitución, las leyes del Congreso de la Unión que emanen de ella y todos los tratados que estén de acuerdo con la misma, celebrados y que se celebren por el presidente de la república, con aprobación del Senado, serán la ley suprema de toda la Unión. Los jueces de cada Estado se arreglarán a dicha Constitución, leyes y tratados, a pesar de las disposiciones en contrario que pueda haber en las Constituciones o leyes de los Estados"*[8]

En tal virtud, se entiende que la Ley Suprema del Estado está constituida por tres entes:

- La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Las Leyes Generales.
- Los Tratados Internacionales a los que México pertenezca.

En cumplimiento a esta norma fundamental, se manifiesta lo siguiente:

El artículo 1º establece que todos gozaremos de los *Derechos Humanos* reconocidos en esta Constitución y en los Tratados Internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte. Es importante reconocer que, por medio de lo establecido en este numeral, la *Carta Magna* no se limita a otorgar derechos, sino que reconoce a los demás que existan en los Tratados a los que México esté adherido. Con lo anterior en consideración, la gama de Derechos Humanos se extiende a distintos ordenamientos y Legislaciones cuyo fin es preservar, reconocer y fomentar los derechos inherentes del hombre.

En consecuencia, la Promovente se da por enterada de esto y manifiesta que lo tomará en consideración en todo momento, respetando e impulsando Derechos Humanos plasmados tanto en la Constitución Federal, como en los diversos instrumentos de la misma índole. De esta forma, el proyecto tomará como directrices los siguientes Derechos, citándolos de manera indicativa, más no limitativa:

[8] Diario Oficial de la Federación. (2023). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (pág. 148). Recuperado de: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf (Publicación original en 1917)

a) Derecho a la vida digna

b) Derecho a la salud

c) Derecho a un medio ambiente sano

Aunado a lo anterior, se manifiesta que se respetará al pie de la letra lo que establece el artículo 4to de nuestra Carta Magna, mismo que se transcribe a continuación:

Artículo 4o.

[…]Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley. […]

Este artículo, así como demás referentes a Derechos Fundamentales, presenta una obligación correlativa de su respeto que no sólo se dirige a las autoridades, sino también a los gobernados. De esta forma, y de acuerdo con este numeral, toda persona deberá gozar el derecho a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar, desarrollándose en dos aspectos[9]:

a) La obligación de respetar preservar la sustentabilidad del entorno ambiental, que implica la no afectación ni lesión a este y,

b) La obligación de las autoridades de vigilancia, conservación y garantía de que sean atendidas las regulaciones pertinentes.

Por lo tanto, en el presente proyecto se reconoce y considera la necesidad de mantener un medio ambiente sano como un Derecho de todas las personas en los Estados Unidos Mexicanos. En este tenor, con la presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental, el análisis respectivo de las autoridades, y la concordancia con los ordenamientos jurídicos dirigidos al medio ambiente; se asegura el respeto al derecho fundamental establecido en el numeral 4° de nuestra Ley Fundamental.

Asimismo, y conforme a lo establecido en el párrafo primero del Artículo 27, el Promovente mediante la presentación de la presente manifestación de impacto ambiental modalidad regional (MIA-R), se ha comprometido a cumplir con las modalidades que dicta el interés público a la propiedad.

Retomando el artículo 133, y considerando las obligaciones internacionales en materia ambiental y de derechos humanos tienen rango constitucional y deben observarse de forma prioritaria; el Proyecto da cumplimiento, al diseñarse para:

- Preservar íntegramente las comunidades de manglar y sus flujos hídricos;

- Minimizar y controlar emisiones y vertidos (PTAR, emisario con difusores, reúso de aguas);

[9] "Derecho a un medio ambiente adecuado para el desarrollo y bienestar. Aspectos en que se desarrolla" Tribunales Colegiados de Circuito en materias Constitucional y Administrativa Jurisprudencia I.4o.A. J/2 (10a.), *Semanario judicial de la Federación y su Gaceta*, Décima Época, Libro XXV, octubre de 2013, Tomo 3, página 1627. Registro digital 2004684.

- Mantener la continuidad ecológica y la productividad de humedales de importancia internacional (Ramsar 1816);

De esta forma, demuestra su plena congruencia con los siguientes instrumentos internacionales, todos ratificados por México y, por ende, parte de nuestro bloque de constitucionalidad**.**

Al integrar estas obligaciones en su diseño y en los estudios técnicos que sustentan la MIA, el Proyecto no solo cumple con la legislación nacional, sino que también se subordina al más alto nivel normativo que exige nuestra Constitución: los tratados internacionales en materia ambiental y de derechos humanos. Por tanto, su autorización ambiental se presenta como un paso completamente coherente con el bloque de constitucionalidad y los compromisos globales de México.

Con lo anterior en consideración, se da cumplimiento a lo establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos a través del estricto cumplimiento de los criterios de regulación ecológica y urbanísticos, subordinando el ejercicio del derecho de propiedad a la aplicación de la legislación ambiental vigente y sometiendo el proceso de planificación del proyecto a los más estrictos parámetros ambientales, con el fin de garantizar la conservación y continuidad de los ecosistemas presentes en el polígono del proyecto.

3.4. LEYES

Las Leyes Generales son normas jurídicas aplicables en todo el territorio nacional cuya formulación compete a la Federación en cumplimiento de sus atribuciones, y que surgen para normar determinado campo específico. A continuación, se presenta una lista de las principales Leyes Generales y Federales en la materia a las que el proyecto deberá dar cumplimiento, o bien, sus autorizaciones deberán de acatar:

3.4.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 con última reforma el 11 de abril de 2022, y tiene por objeto propiciar el desarrollo sostenible y establecer las bases para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar. Se deberán atender las disposiciones relativas al medio ambiente, particularmente en materia de Áreas Naturales Protegidas e Impacto Ambiental, así como la prevención y el control de la contaminación (Diario Oficial de la Federación, 1988).

Su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA) establece los criterios, procedimientos y requisitos que deben seguirse para realizar la evaluación del impacto ambiental de proyectos públicos o privados que puedan tener un impacto significativo en el medio ambiente.

En específico, la LGEEPA establece la obligación de realizar la evaluación del impacto ambiental (EIA) para todas aquellas actividades humanas que puedan tener un impacto significativo en el medio ambiente. La finalidad de la EIA es identificar los posibles impactos ambientales que pueda tener una actividad determinada, así como proponer medidas de mitigación, compensación o prevención para minimizar dichos impactos y garantizar la protección del medio ambiente y la salud de las personas.

La vinculación con esta norma se presenta en la siguiente Tabla 3.3:

Tabla 3.3 Vinculación del proyecto con la LGEEPA.

Vinculación del proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
Artículo 28. La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría: … VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas; IX.- Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros; X.- Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales. En el caso de actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias se estará a lo dispuesto por la fracción XII de este artículo; XI. Obras y actividades en áreas naturales protegidas de competencia de la Federación;	Con la presentación de este documento se verifica el requisito establecido en los numerales enlistados, presentando la evaluación de impacto ambiental correspondiente.
Artículo 29. Los efectos negativos que sobre el ambiente, los recursos naturales, la flora y la fauna silvestre y demás recursos a que se refiere esta Ley, pudieran causar las obras o actividades de competencia federal que no requieran someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental a que se refiere la presente sección, estarán sujetas en lo conducente a las disposiciones de la misma, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, la legislación sobre recursos naturales que resulte aplicable, así como a través de los permisos, licencias, autorizaciones y concesiones que conforme a dicha normatividad se requiera.	El Capítulo 3 sujeto a revisión de la autoridad, contiene la vinculación con los ordenamientos jurídicos en materia ambiental y demás disposiciones estatales y locales aplicables.

Vinculación del proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
Artículo 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.	Con la presentación de esta MIA-R, se describe el proyecto, los impactos ambientales a generarse y las medidas de mitigación y compensación a adoptar. Lo anterior se describe a detalle en los Capítulos 2, 5 y 6 del presente documento de evaluación de impacto ambiental.
Artículo 151. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó.	La Promovente tiene en consideración que, en las diferentes etapas del proyecto, se prevé la generación controlada de residuos líquidos peligrosos como: thiner, restos de pintura aceitosa, brochas, plásticos, esmaltes, estopas impregnadas de residuos y aceite industrial. Para el manejo correcto de estos residuos peligrosos se aplicarán las medidas establecidas en el Programa de Manejo Integral, Subprograma de Residuos que forma parte del SM del proyecto. Este Programa contempla el almacenaje temporal y confinamiento de este tipo de residuos, mismos que serán colocados en un área que se habilitará como almacén temporal de residuos peligrosos para su posterior entrega a empresa autorizada por Secretaria de Medio Ambienta y Recursos Naturales (SEMARNAT) para la colección, transporte, tratamiento y disposición final dentro de un Plan Integral de Residuos Peligrosos, apegándose dichas acciones a lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento.

3.4.2. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 2018 con última reforma publicada el 28 de abril de 2022, y tiene por objeto regular y fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos. En adición a la obligación de la tramitación de la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, se establece que no se podrá otorgar la misma en terrenos donde la pérdida de cubierta forestal fue ocasionada por incendio, tala o desmonte sin que hayan pasado 20 años (Diario Oficial de la Federación, 2018). [10]

La vinculación del proyecto con esta norma se presenta en la Tabla 3.4:

Tabla 3.4 Vinculación del proyecto con la LGDFS.

Vinculación del proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
Artículo 7. Para los efectos de esta Ley se entenderá por: VI. Cambio de uso del suelo en terreno forestal: La remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales; LXXI. Terreno forestal: Es el que está cubierto por vegetación forestal o vegetación secundaria nativa, y produce bienes y servicios forestales;	**SE CUMPLE** Considerando las definiciones descritas, de manera paralela a la presente solicitud de evaluación del impacto ambiental, se tramitarán las autorizaciones correspondientes en materia forestal.
Artículo 93. La Secretaría autorizará el cambio de uso del suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal. En las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la Secretaría deberá dar respuesta debidamente fundada y motivada a las opiniones técnicas emitidas por los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate. Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento. Dichas	**SE CUMPLE** Por la naturaleza del área de estudio, de manera independiente a la presente solicitud de evaluación del impacto ambiental, se gestionará la autorización para el cambio de uso de suelo en terrenos forestal correspondiente.

[10] Diario Oficial de la Federación. (05 de 06 de 2018). *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*. Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS.pdf

Vinculación del proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
autorizaciones deberán sujetarse a lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamientos ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.	

3.4.3. Ley General de Vida Silvestre

La Ley General de Vida Silvestre (LGVS) fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 03 de julio de 2000 con última reforma publicada el 20 de mayo de 2021. La presente norma contempla disposiciones relativas a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat. Particularmente, se deberá presentar especial atención al artículo 60 TER, el cual enlista una serie de prohibiciones para actividades que afecten el manglar (Diario Oficial de la Federación , 2000).[11]

La vinculación con esta norma se presenta en la siguiente Tabla 3.5

Tabla 3.5 Vinculación del proyecto con la LGVS.

Vinculación del proyecto con la Ley General de Vida Silvestre	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
Artículo 18. Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente Ley; asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros, conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento. Los propietarios y legítimos poseedores de dichos predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.	El polígono del proyecto se ubica en una zona en donde se encuentran diferentes especies de vida silvestre, por lo que se seguirán todas las especificaciones establecidas en los ordenamientos jurídicos aplicables. Asimismo, se manifiesta que el proyecto no contempla ningún tipo de aprovechamiento extractivo de la vida silvestre. Aunado a lo anterior, previo al desmonte un especialista realizará recorridos en las áreas de trabajo para realizar las acciones que mejor correspondan con el fin de rescatar a los ejemplares de flora y fauna que lo requieran y trasladarlos a las áreas de conservación del proyecto, siguiendo lo establecido en el Programa de Conservación, particularmente al Subprograma Fauna, Componente Rescate y Reubicación; dentro del Sistema de Manejo del proyecto.
Artículo 59. Los ejemplares confinados de las especies probablemente extintas en el medio silvestre serán destinados exclusivamente al desarrollo de proyectos de conservación, restauración, actividades de repoblación y	El proyecto no contempla el confinamiento de ninguna especie, salvo durante el periodo de recuperación de individuos rescatados y solo en caso necesario. Asimismo, el proyecto no

[11] Diario Oficial de la Federación. (03 de 07 de 2000). *Ley General de Vida Silvestre*. Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146_200521.pdf

reintroducción, así como de investigación y educación ambiental autorizados por la Secretaría.	incluye el manejo de especies probablemente extintas en el medio silvestre
Artículo 60 TER: Queda prohibida la remoción, relleno, trasplante, poda, o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos. Se exceptuarán de la prohibición a que se refiere el párrafo anterior las obras o actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar.	El proyecto se ajusta de manera íntegra a las especificaciones del presente Artículo 60 TER, dando total cumplimiento a lo establecido en el mismo. Esto se demuestra posterior a esta tabla.

El artículo 60 TER de la (LGVS) establece que*: "queda prohibida la remoción, relleno, trasplante, poda, o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema para los Proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos.*

Se exceptuarán de la prohibición a que se refiere el párrafo anterior las obras o actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar" (1 de febrero de 2007)[12].

Considerando lo antes expuesto, se puede establecer que la restricción determinada por el artículo 60 TER, no se limita a la remoción, relleno, trasplante o poda, sino también a cualquier obra o actividad que forzosamente debe afectar la integralidad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cabios en las características y servicios ecológicos.

En tal virtud, los supuestos anteriores, resultan inaplicables al proyecto, ya que éste, **se reitera, no contempla la realización de ninguna actividad u obra que genere afectación a zonas de manglar.**

Cabe señalar que el diseño del proyecto respondió a una evaluación exhaustiva de la superficie, para asegurar la menor área de vegetación intervenida, misma que **no corresponde a comunidad de manglar**.

[12] Decreto por el que se adiciona un artículo 60 TER; y se adiciona un segundo párrafo al artículo 99; todos ellos de la Ley General de Vida Silvestre. (2007). Diario Oficial de la Federación.

En adición, para evitar la afectación del manglar colindante, derivado de las intervenciones planeadas, el proyecto considera la implementación de una serie de medidas de prevención y mitigación que serán ejecutadas a través de un Sistema de Manejo, como un mecanismo operativo integrado por un conjunto de programas, subprogramas y componentes. Entre las medidas a aplicar se encuentran:

- Delimitación de las áreas de aprovechamiento/conservación.
- Control de emisiones de gases de combustión y partículas suspendidas.
- Mantenimiento de vehículos y maquinaria.
- Mantenimiento de obras.
- Control en los niveles de ruido.
- Conservación y restauración de suelo.
- Manejo de residuos sólidos y líquidos.
- Manejo de residuos peligrosos y de manejo especial.
- Protección, manejo y conservación de fauna.
- Colocación de pasos de agua para mantener la continuidad del flujo hidrológico.
- Señalización.
- Concientización ambiental.
- Atención a contingencias ambientales.
- Monitoreo de los componentes bióticos y abióticos.
- Supervisión y vigilancia.

Si bien el proyecto no considera realizar intervenciones dentro de la franja de 100 m de distancia a la que se hacen referencian los numerales 4.14 y 4.16 de la NOM-022-SEMARNAT-2022, los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16 podrán exceptuarse siempre que el informe preventivo o en la manifestación de impacto ambiental, según sea el caso se establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales.

De acuerdo a lo anterior, aunado a las medidas ya indicadas, el proyecto considera como medida de compensación, la puesta en marcha de un Subprograma de Monitorio del Manglar, en el Marco del Programa de Monitoreo, finalidad dar seguimiento a la estructura, dinámica y estado de conservación de las comunidades de manglar presentes en el área de influencia del proyecto.

Por otro lado, reflexionando sobre lo indicado por el artículo 60 TER sobre la afectación a la integralidad funcional o las interacciones ecológicas o los servicios ambientales del manglar, se señala lo siguiente:

El manglar es definido como una comunidad arbórea y arbustiva de las regiones costeras tropicales y subtropicales, compuestas por especies halófitas facultativas o halófilas que poseen características ecofisiológicas distintivas como raíces aéreas, viviparidad, filtración y fijación de algunos tóxicos, mecanismos de exclusión o excreción de sales y que, a efectos de la NOM-022-SEMARNAT-2003[13], se entiende por humedal costero las unidades hidrológicas integrales que contengan comunidades vegetales de manglares; y que dichas unidades hidrológicas se encuentran constituidas por el cuerpo lagunar costero y/o estuarino, la comunidad vegetal asociada a él (manglares, marismas y pantanos), las

[13] NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. (2003). Diario Oficial de la Federación.

unidades ambientales terrestres circundantes, la o las bocas que pueden ser permanentes o estacionales, la barrera y playa, los aportes externos (ríos, arroyos permanentes o temporales, aportes del manto freático) y la zona de influencia de la marea, oleaje y corriente litoral.

De acuerdo con la clasificación establecida por Trejo, et al., 1993[14], derivada de Lugo y Snedaker, 1974[15], el humedal que se registra en el proyecto, corresponde al tipo denominado manglar de cuenca. Este tipo de manglar es el que se desarrolla tierra adentro en zonas de bajo relieve, con poco efecto de marea, a lo largo de canales de drenaje de escorrentía terrestre dirigidos hacia la costa.

En el manglar de cuenca, el agua de inundación puede provenir de varias fuentes; como son: 1) Aporte de la precipitación pluvial, 2) escurrimiento de terrenos aledaños más elevados y 3) la comunicación con el mar.

Ante estos hechos, se reitera que el proyecto se apega de manera estricta a lo establecido en el artículo 60 TER toda vez que:

1. La mayor parte de las obras y actividades planteadas en el proyecto, se pretenden llevar a cabo principalmente en áreas clasificadas de aprovechamiento. La remoción de vegetación que el proyecto prevé, se realizará en matorral sarcocaule (MSC). En la superficie de manglar ubicada fuera del predio **no se considera la realización de ninguna obra o actividad**, por lo que se concluye que, las intervenciones que el proyecto considera realizar **no incrementan la afectación que ya registra el manglar en el sistema**, toda vez que **no se contempla disminuir la continuidad, contigüidad y funcionalidad ecosistémica e hídrica de éste**.

2. Se reitera que, el proyecto no considera la remoción, relleno, trasplante, poda de manglar, tampoco considera la afectación de la productividad natural que actualmente registra el manglar, ni la capacidad de carga natural del ecosistema para proyectos turístico o la zona de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje, ya que no se considera el aprovechamiento de este ecosistema.

3. El proyecto durante su ejecución, considera la ejecución de medidas de prevención, mitigación y compensación, para evitar la afectación de las comunidades de manglar registradas en el área.

Con base en la información presentada, se demuestra el cumplimiento del proyecto respecto del artículo 60 TER de la LGVS.

[14] Trejo-Torres, J. y Olmsted, I. (1993). Manglares de la Península de Yucatán. pp. 660-672. En: S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.) Biodiversidad marina y costera de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.
[15] Lugo, A. Snedaker, S. (1974). The ecology of magroves. Annual Revire of Ecology an Systematics 5:39-64.

3.4.4. Ley de Aguas Nacionales

La Ley de Aguas Nacionales fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de diciembre de 1992, y tiene por objeto regular la explotación, uso, conservación y administración de las aguas nacionales, así como la gestión integral y sustentable del recurso hídrico en México. Esta Ley establece los mecanismos y condiciones necesarias para el otorgamiento de concesiones y asignaciones, así como para la protección y preservación del recurso hídrico nacional, incluyendo las aguas superficiales, subterráneas y marinas interiores destinadas a distintos usos, destacando, entre estos, el uso público urbano, agrícola, industrial y los procesos de desalinización del agua marina.

La vinculación del proyecto con esta norma se presenta en la Tabla 3.4:

Tabla 3.6 Vinculación del proyecto con la LGDFS.

Vinculación del proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
Artículo 17. Es libre la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales superficiales por medios manuales para uso doméstico conforme a la fracción LVI del Artículo 3 de esta Ley, siempre que no se desvíen de su cauce ni se produzca una alteración en su calidad o una disminución significativa en su caudal, en los términos de la reglamentación aplicable. No se requerirá concesión para la extracción de aguas marinas interiores y del mar territorial, para su explotación, uso o aprovechamiento, salvo aquellas que tengan como fin la desalinización, las cuales serán objeto de concesión.	Con base en lo dispuesto por este artículo, la extracción de aguas marinas interiores o del mar territorial cuyo propósito sea la desalinización requiere obligatoriamente una concesión otorgada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Al respecto, el Proyecto contempla efectivamente la extracción de agua marina para su tratamiento mediante una Planta de Ósmosis Inversa (POI) con fines de obtención de agua potable. Por lo anterior, el promovente reconoce expresamente esta obligación jurídica y asume plenamente el compromiso de gestionar y obtener oportunamente dicha concesión ante la autoridad competente. Cabe señalar que este trámite administrativo es independiente del procedimiento de evaluación ambiental de la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R), y necesariamente debe realizarse una vez obtenida la autorización ambiental. Asimismo, el diseño técnico-operativo del Proyecto ha considerado criterios ambientales rigurosos para asegurar que la toma y descarga asociadas a la planta desalinizadora sean ambientalmente viables. Específicamente, la descarga se realizará mediante un tubo con difusores instalados a 22 metros de profundidad, lo cual garantiza una dispersión controlada de la salmuera, limitando la pluma de dilución a un diámetro máximo de 50 metros. De esta forma, se cumple con la condición establecida en el mismo Artículo 17 de la LAN, consistente en evitar alteraciones significativas de la calidad

Vinculación del proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
	y flujo de las aguas nacionales, pues los estudios técnicos (batimétricos e hidrodinámicos) realizados para el Proyecto demuestran concluyentemente que no existirá afectación perceptible ni significativa al medio marino.
Artículo 21 BIS. El promovente deberá adjuntar a la solicitud a que se refiere el Artículo anterior, al menos los documentos siguientes: (…) III. La manifestación de impacto ambiental, cuando así se requiera conforme a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente; (…)	En cumplimiento del Artículo 21 BIS, fracción III de la Ley de Aguas Nacionales, el promovente deberá adjuntar, a la solicitud de concesión respectiva, la manifestación de impacto ambiental (MIA) cuando ésta sea requerida conforme a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Este mandato legal establece un orden lógico y jerárquico en el procedimiento administrativo, en el cual la evaluación de impacto ambiental constituye un requisito previo e indispensable para la obtención de la concesión correspondiente. En tal virtud, y en estricto apego a lo señalado por el marco normativo, el promovente ha sometido el Proyecto a evaluación ambiental a través de la MIA en su modalidad Regional, elaborada conforme a los artículos 28 de la LGEEPA y 5º del Reglamento en la materia, a efecto de que sea la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) quien, en ejercicio de su competencia, determine la viabilidad ambiental de las obras y actividades planteadas. Por lo anterior, la autorización en materia de impacto ambiental deberá emitirse con carácter previo a la gestión de la concesión ante la Autoridad del Agua. Será una vez obtenida dicha autorización que se procederá, en el momento procesal oportuno, a gestionar los permisos, concesiones y autorizaciones que correspondan conforme a la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento. Este proceder es plenamente congruente con lo previsto en el orden jurídico aplicable y asegura que toda actuación posterior se funde en un proyecto previamente evaluado y autorizado en términos ambientales.
Artículo 20. De conformidad con el carácter público del recurso hídrico, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación	En atención a este artículo, se reitera que el Proyecto tiene plenamente identificado este requerimiento legal y reconoce la obligación explícita de obtener la concesión en la etapa

Vinculación del proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la presente Ley y sus reglamentos. Las concesiones y asignaciones se otorgarán después de considerar a las partes involucradas, y el costo económico y ambiental de las obras proyectadas. Corresponde a los Organismos de Cuenca expedir los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga a los que se refiere la presente Ley y sus reglamentos, salvo en aquellos casos previstos en la Fracción IX del Artículo 9 de la presente Ley, que queden reservados para la actuación directa de "la Comisión" La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales por parte de personas físicas o morales se realizará mediante concesión otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que establece esta Ley, sus reglamentos, el título y las prórrogas que al efecto se emitan. La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales por dependencias y organismos descentralizados de la administración pública federal, estatal o municipal, o el Distrito Federal y sus organismos descentralizados se realizará mediante concesión otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que establece esta Ley y sus reglamentos. Cuando se trate de la prestación de los servicios de agua con carácter público urbano o doméstico, incluidos los procesos que estos servicios conllevan, la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, se realizará mediante asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o por ésta cuando así le competa, a los municipios, a los estados o al Distrito Federal, en correspondencia con la Fracción VIII del Artículo 3 de la presente Ley. Los derechos amparados en las	procesal adecuada. Lo anterior no implica ningún incumplimiento o impedimento para la aprobación ambiental del Proyecto, dado que la obtención de la concesión constituye un procedimiento administrativo posterior, cuyo trámite requiere la existencia previa de una autorización en materia ambiental. Cabe resaltar que, conforme al segundo párrafo del Artículo 20, la CONAGUA deberá considerar, para el otorgamiento de la concesión, tanto los aspectos económicos como los ambientales del Proyecto. En este sentido, el Proyecto ha cumplido preventivamente con esta disposición al realizar exhaustivos análisis técnicos (hidrológicos, oceanográficos, ambientales y operativos), que permiten demostrar concluyentemente que el diseño de la POI y su sistema de toma y descarga marina garantizan la viabilidad ambiental de la extracción y tratamiento de agua marina, asegurando que el impacto al medio ambiente será mínimo e irrelevante desde una perspectiva ecosistémica y jurídica. Adicionalmente, la propuesta técnica del Proyecto asegura que las acciones derivadas del aprovechamiento hídrico se realicen con la máxima eficiencia y racionalidad ambiental. Se han contemplado medidas estrictas para garantizar la sustentabilidad del recurso, incluyendo el tratamiento integral y reutilización interna del 100% del agua residual, la separación y manejo independiente de aguas grises y residuales, la no descarga directa al medio marino sin tratamiento adecuado, y la posibilidad de entregar excedentes de aguas tratadas al municipio para riego en áreas públicas. Con ello, el Proyecto evidencia una alineación plena con los principios establecidos en la LAN respecto a la responsabilidad ambiental en el aprovechamiento hídrico.

Vinculación del proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
asignaciones no podrán ser objeto de transmisión. La asignación de agua a que se refiere el párrafo anterior se regirá por las mismas disposiciones que se aplican a las concesiones, salvo en la transmisión de derechos, y el asignatario se considerará concesionario para efectos de la presente Ley. Las concesiones y asignaciones crearán derechos y obligaciones a favor de los beneficiarios en los términos de la presente Ley. El Gobierno Federal podrá coordinarse con los gobiernos de los estados y del Distrito Federal, a través de convenios de colaboración administrativa y fiscal para la ejecución por parte de estos últimos, de determinados actos administrativos y fiscales relacionados con el presente Título, en los términos de lo que establece esta Ley, la Ley de Planeación, la Ley de Coordinación Fiscal y otras disposiciones aplicables, para contribuir a la descentralización de la administración del agua. Cuando las disposiciones a partir del presente Título se refieran a la actuación de "la Comisión", en los casos que a ésta le corresponda conforme a lo dispuesto en la Fracción IX del Artículo 9 de la presente Ley, o del Organismo de Cuenca que corresponda, se entenderá que cada instancia actuará en su ámbito de competencia y conforme a sus facultades específicas, sin implicar concurrencia. En lo sucesivo, esta Ley se referirá a "la Autoridad del Agua", cuando el Organismo de Cuenca que corresponda actúe en su ámbito de competencia, o bien, "la Comisión" actúe en los casos dispuestos en la Fracción y Artículo antes referidos.	

Por lo anterior, se concluye de manera categórica e irrefutable que el Proyecto PLP cumple a cabalidad con lo dispuesto por los Artículos 17 y 20 de la Ley de Aguas Nacionales. La obligación administrativa de obtener la concesión para el aprovechamiento de aguas marinas destinadas a desalinización no representa una limitante o impedimento jurídico para la emisión de la autorización ambiental en la presente evaluación de impacto ambiental. Por el contrario, el reconocimiento expreso de dicha obligación por parte del promovente, así como la solidez y congruencia técnico-ambiental del Proyecto, permiten afirmar que se cumplen plenamente todos los extremos establecidos por la legislación hídrica nacional.

3.4.5. Ley General de Cambio Climático

La Ley General de Cambio Climático (LGCC) fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 06 de junio de 2012 con última reforma publicada el 11 de mayo de 2022. La presente ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Esta Ley tiene como principal objetivo regular las emisiones para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera (Diario Oficial de la Federación, 2012).[16]

El Cambio Climático es la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables. La vinculación del proyecto con esta Ley se presenta en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Vinculación del proyecto con la LGCC.

Vinculación del proyecto con la Ley General de Cambio Climático	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
Artículo 2. Esta Ley tiene por objeto: I. Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero; II. Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para que México contribuya a lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático considerando, en su caso, lo previsto por el artículo 2o. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma; III. Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático; IV. Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno; V. Fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de adaptación y mitigación al cambio climático; VI. Establecer las bases para la concertación con la sociedad;	Con relación a la **fracción I**, el Proyecto se presenta ante la autoridad ambiental federal mediante la presente MIA-R que describe, de manera pormenorizada, el Subprograma de Control de Gases y Polvos y el Subprograma de Reforestación con especies nativas adaptadas al estrés hídrico y térmico local. Estas acciones garantizan el derecho a un medio ambiente sano al reducir emisiones contaminantes y conservar cobertura vegetal, y demuestran la concurrencia de facultades de la federación, entidades y municipios en materia de adaptación y mitigación al cambio climático. En lo referente a la **fracción II**, si bien el proyecto no es una fuente intensiva de gases de efecto invernadero, el Subprograma de Control de Gases y Polvos incluye el mantenimiento preventivo de maquinaria, la optimización de rutas de transporte interno y el monitoreo de partículas en suspensión, lo cual contribuye directamente a la regulación y reducción de emisiones de GEI, en congruencia con el compromiso de México de estabilizar concentraciones atmosféricas según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Respecto de la **fracción III**, el Proyecto integra medidas de mitigación, a través del control de emisiones y manejo de residuos

[16] Diario Oficial de la Federación. (13 de 01 de 1993). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4710809&fecha=13/01/1993&cod_diario=203013

Vinculación del proyecto con la Ley General de Cambio Climático	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
VII. Promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable, de bajas emisiones de carbono y resiliente a los fenómenos hidrometeorológicos extremos asociados al cambio climático, y VIII. Establecer las bases para que México contribuya al cumplimiento del Acuerdo de París, que tiene entre sus objetivos mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2 °C, con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir con los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5 °C, con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático.	sólidos, y de adaptación, mediante la reforestación de áreas intervenidas, con objeto de preservar procesos ecológicos clave como la conectividad vegetal y la regulación hídrica, y así evitar que las actividades humanas incrementen la vulnerabilidad del ecosistema costero al cambio climático. La **fracción IV** exige reducir la vulnerabilidad de poblaciones y ecosistemas; el diseño del drenaje pluvial por infiltración evita escurrimientos superficiales dañinos, promueve la recarga indirecta del acuífero y previene la erosión, mientras que la reforestación fortalece la resiliencia del matorral ante fenómenos hidrometeorológicos extremos, reforzando las capacidades nacionales de respuesta al cambio climático. Con relación a la **fracción V**, el proyecto cuenta con un esquema de monitoreo ambiental que registra variables de calidad del aire, emisiones y cobertura vegetal remanente y reforestada. Estos datos no solo aseguran el cumplimiento de las medidas de mitigación y adaptación, sino que generan información útil para futuras investigaciones, innovación tecnológica y difusión de buenas prácticas, en cumplimiento de la promoción de la educación y la investigación en materia climática. La **fracción VI** establece las bases para la concertación con la sociedad. Al presentarse bajo la modalidad de MIA-R y en el marco del PDUCP-La Paz, el Proyecto configura un espacio de colaboración con autoridades municipales y estatales, permitiendo articular acciones de vigilancia ambiental y posibles espacios de participación ciudadana en seguimiento a las medidas climáticas propuestas. Conforme a la **fracción VII**, las estrategias de eficiencia hídrica, la adopción de procesos y equipos de baja emisión y la reforestación con especies nativas posicionan al Proyecto dentro de un modelo de infraestructura de bajas emisiones de carbono y resiliente a los fenómenos extremos, avanzando en la

Vinculación del proyecto con la Ley General de Cambio Climático	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
	transición hacia una economía competitiva y sustentable de bajas emisiones. Finalmente, en lo que atañe a la **fracción VIII**, el conjunto de medidas descritas se alinea con los objetivos del Acuerdo de París de mantener el aumento de la temperatura global por debajo de 2 °C, con esfuerzos hacia 1.5 °C, aportando de manera preventiva al compromiso internacional de México en la mitigación y adaptación al cambio climático.
Artículo 3. Para efectos de esta Ley se entenderá por: (…) XLII. Vulnerabilidad: Nivel a que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar los efectos adversos del Cambio Climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación.	Se tomará en cuenta esta definición para el diseño e implementación de las medidas correspondientes.
Artículo 26. En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán los principios de: I. Sustentabilidad en el aprovechamiento o uso de los ecosistemas y los elementos naturales que los integran; II. Corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general, en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático; III. Precaución, cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, la falta de total certidumbre científica no deberá utilizarse como razón para posponer las medidas de mitigación y adaptación para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático; IV. Prevención, considerando que ésta es el medio más eficaz para evitar los daños al medio ambiente y preservar el equilibrio ecológico ante los efectos del cambio climático; V. Adopción de patrones de producción y consumo por parte de los sectores público, social y privado para transitar hacia una economía de bajas emisiones en carbono; (…) XI. Conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los humedales, manglares, arrecifes, dunas, zonas y lagunas costeras, que brindan servicios ambientales, fundamental para reducir la vulnerabilidad;	El Proyecto se vincula con los principios contenidos en el artículo 26 de la Ley General de Cambio Climático, en tanto incorpora un enfoque preventivo, ecológicamente responsable y respetuoso del marco normativo nacional. A continuación, se describen las vinculaciones específicas con cada fracción: **Fracción I.** Se reconoce la importancia de una ocupación planificada del territorio, la cual ha sido sustentada en la vocación del suelo y en la conservación de vegetación natural. No se propone el desmonte de manglares ni actividades que comprometan la estabilidad de los ecosistemas, privilegiando el respeto a los elementos naturales existentes. **Fracción II.** El Proyecto ha sido elaborado con pleno reconocimiento de la corresponsabilidad entre el Estado y los particulares en materia de adaptación y mitigación. Por ello, se presenta formalmente ante la autoridad competente y se sujeta a los mecanismos de evaluación ambiental previstos en la legislación aplicable. **Fracción III.** El diseño y planeación del Proyecto se realizó atendiendo al principio precautorio. Aunque no se prevén

Vinculación del proyecto con la Ley General de Cambio Climático	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
	afectaciones graves o irreversibles, se ha considerado la cercanía con humedales costeros y se han integrado medidas preventivas que permiten evitar efectos negativos sobre dichos ecosistemas. **Fracción IV.** Se prioriza la prevención ambiental desde la fase de planeación, al evitar el emplazamiento de obras en zonas de riesgo ecológico o de alta fragilidad, y al considerar el entorno natural del sitio como un elemento rector del desarrollo. **Fracción V.** Si bien el Proyecto no incorpora programas específicos de transición energética, sí contempla medidas compatibles con una economía de bajo impacto ambiental, como la reforestación con especies nativas y el control de emisiones a través del Subprograma de Control de Gases y Polvos, conforme a lo descrito en el Capítulo VI. **Fracción VI.** El Proyecto se vincula con instrumentos de ordenamiento regional como el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) y el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de La Paz (PDUCP), lo que evidencia una visión de coordinación entre órdenes de gobierno y sectores, en términos de ordenamiento y compatibilidad de uso de suelo. **Fracción VII.** El procedimiento de evaluación de impacto ambiental y el acceso a la documentación del Proyecto aseguran condiciones mínimas de transparencia y permiten la participación informada de la ciudadanía conforme a los canales institucionales disponibles. **Fracción VIII.** Se reconocen los impactos potenciales derivados de las actividades proyectadas, por lo cual se integra un sistema de medidas de prevención y mitigación ambiental que responde al deber de evitar, minimizar o compensar afectaciones, sin exceder los compromisos formales que legalmente correspondan.

Vinculación del proyecto con la Ley General de Cambio Climático	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
	Fracción IX. Aunque no se proponen instrumentos económicos en sentido estricto, las acciones previstas en el Proyecto representan inversiones ambientales con beneficios tangibles, tales como la conservación de vegetación, el control de emisiones y la implementación de técnicas constructivas con menor impacto. **Fracción X.** El procedimiento de evaluación mediante la MIA-R, así como las obligaciones de seguimiento y verificación, garantizan el acceso a información relevante en materia ambiental para las autoridades competentes y, en su caso, para los interesados, conforme a la legislación nacional y los tratados internacionales vigentes. **Fracción XI.** Si bien el Proyecto no se localiza en sí dentro de ecosistemas como manglares o arrecifes, se ha realizado la delimitación correspondiente y se confirma que no habrá afectación directa a estos sistemas, en cumplimiento con el principio de conservación de la biodiversidad y de servicios ambientales estratégicos. **Fracción XII.** El Proyecto no compromete la competitividad ni el desarrollo económico regional, sino que se integra como una iniciativa ordenada, legal y ambientalmente responsable que se alinea con los objetivos de sustentabilidad nacional. **Fracción XIII.** Se trata de un Proyecto cuya ejecución está prevista en etapas, lo que permite incorporar criterios de mejora continua y responder de forma gradual a los requerimientos ambientales conforme avance su implementación, en congruencia con el principio de progresividad.
Artículo 27. La política nacional de adaptación frente al cambio climático se sustentará en instrumentos de diagnóstico, planificación, medición, monitoreo, reporte, verificación y evaluación, tendrá como objetivos: I. Reducir la vulnerabilidad de la sociedad y los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático; II. Fortalecer la resiliencia y resistencia de los sistemas naturales y humanos;	El Proyecto también se vincula con los objetivos de la política nacional de adaptación al cambio climático, establecidos en el artículo 27 de la Ley: **Fracción I.** El Proyecto ha sido sustentado técnica y ambientalmente con base en la caracterización del entorno, identificando posibles vulnerabilidades y desarrollando estrategias para evitar la afectación de

Vinculación del proyecto con la Ley General de Cambio Climático	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
III. Minimizar riesgos y daños, considerando los escenarios actuales y futuros del cambio climático; IV. Identificar la vulnerabilidad y capacidad de adaptación y transformación de los sistemas ecológicos, físicos y sociales y aprovechar oportunidades generadas por nuevas condiciones climáticas; V. Establecer mecanismos de atención inmediata y expedita en zonas impactadas por los efectos del cambio climático como parte de los planes y acciones de protección civil, y VI. Facilitar y fomentar la seguridad alimentaria, la productividad agrícola, ganadera, pesquera, acuícola, la preservación de los ecosistemas y de los recursos naturales	ecosistemas sensibles, en particular los humedales costeros. **Fracción II.** La delimitación de áreas con vegetación natural y el respeto a zonas de amortiguamiento ecológico constituyen medidas que fortalecen la capacidad de recuperación del entorno ante eventos climáticos adversos. **Fracción III.** La localización del Proyecto evita áreas inundables, manglares y cuerpos de agua, lo que contribuye a la reducción de riesgos. Asimismo, se ha previsto un sistema de control de emisiones que mitiga posibles efectos acumulativos. **Fracción IV.** Durante el análisis ambiental, se identificaron los elementos clave que definen la funcionalidad ecológica del sitio, lo que permite ubicar zonas de conservación y zonas de uso restringido, en función de la capacidad de carga del ecosistema y las características biofísicas del área. **Fracción V.** Si bien el Proyecto no se encuadra directamente en planes de protección civil, las medidas preventivas previstas, como la consideración de eventos hidrometeorológicos en la planeación, permiten una respuesta anticipada frente a contingencias. **Fracción VI.** Aunque el Proyecto no tiene un componente productivo en sentido agropecuario o pesquero, sí incorpora medidas que protegen recursos naturales clave, como el uso racional del agua, la protección de suelos y la conservación de cobertura vegetal, lo cual indirectamente contribuye a la seguridad hídrica y ecológica de la región.
Artículo 29. Se considerarán acciones de adaptación: I. La determinación de la vocación natural del suelo; II. El establecimiento de centros de población o asentamientos humanos, así como en las acciones de desarrollo, mejoramiento y conservación de los mismos;	Respecto de las acciones consideradas como adaptación en el artículo 29, se identifican las siguientes vinculaciones: **Fracción I.** El Proyecto fue planeado conforme a la vocación natural del suelo, con base en estudios técnicos de tipo de vegetación y uso del territorio, lo que asegura una compatibilidad entre las actividades propuestas y las capacidades del ecosistema.

Vinculación del proyecto con la Ley General de Cambio Climático	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
III. El manejo, protección, conservación y restauración de los ecosistemas, recursos forestales y suelos; IV. La conservación, el aprovechamiento sustentable, rehabilitación de playas, costas, zona federal marítimo terrestre, terrenos ganados al mar y cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas para uso turístico, industrial, agrícola, pesquero, acuícola o de conservación; V. Los programas hídricos de cuencas hidrológicas; VI. La construcción y mantenimiento de infraestructura; VII. La protección de zonas inundables y zonas áridas; VIII. El aprovechamiento, rehabilitación o establecimiento de distritos de riego; IX. El aprovechamiento sustentable en los distritos de desarrollo rural; X. El establecimiento y conservación de las áreas naturales protegidas y corredores biológicos; X Bis. La elaboración y actualización del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático; XI. La elaboración y actualización de los atlas de riesgo tomando en consideración la información del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático; XII. La elaboración y aplicación de las reglas de operación de programas de subsidio y proyectos de inversión; XIII. Los programas de conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad; XIV. Los programas del Sistema Nacional de Protección Civil; XV. Los programas sobre asentamientos humanos y desarrollo urbano; XVI. Los programas en materia de desarrollo turístico; XVII. Los programas de prevención de enfermedades derivadas de los efectos del cambio climático, y XVIII. La infraestructura estratégica en materia de abasto de agua, servicios de salud y producción y abasto de energéticos	**Fracción III.** Se prevé la conservación de vegetación nativa en áreas que no serán intervenidas, así como acciones de reforestación con especies adaptadas a las condiciones climáticas locales, sin que ello constituya una obligación de restauración formal. **Fracción IV.** El Proyecto no contempla el uso ni la modificación de zonas de playa, costa o ZOFEMAT, ni terrenos ganados al mar. **Fracción VI.** La infraestructura propuesta está diseñada de acuerdo con principios de sustentabilidad y con técnicas constructivas que minimizan el impacto ambiental, conforme a las mejores prácticas disponibles para desarrollos en zonas áridas y costeras. **Fracción XI.** Aunque el Proyecto no elabora ni actualiza directamente un atlas de riesgo, incorpora elementos de diagnóstico ambiental que permiten identificar factores de vulnerabilidad y zonas de sensibilidad ecológica, los cuales pueden ser insumos útiles para los instrumentos de gestión del territorio. **Fracción XIII.** Se incorporan medidas dirigidas a conservar la biodiversidad local a través del respeto a la zonificación ecológica, la protección de hábitats remanentes y la implementación de actividades compatibles con el equilibrio ecológico de la zona. **Fracción XVI.** El Proyecto se ubica en una región con vocación turística, aunque su finalidad directa no es esa. No obstante, su ejecución ordenada y con base en estudios técnicos contribuye indirectamente a la sostenibilidad del entorno regional. **Fracción XVIII.** Se prevé la dotación de servicios básicos adecuados para el personal vinculado a la ejecución del Proyecto, incluyendo instalaciones que aseguran condiciones sanitarias, de seguridad y de eficiencia en el uso del recurso hídrico.

3.4.6. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 08 de octubre de 2003 con última reforma publicada el 18 de enero de 2021. Dicha norma tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación (Diario Oficial de la Federación, 2003).[17]

La vinculación con esta norma se presenta en la siguiente Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Vinculación del proyecto con la LGPGIR.

Vinculación del proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
Artículo 16. La clasificación de un residuo como peligroso, se establecerá en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo.	El proyecto da cumplimiento a lo señalado, ya que realiza el manejo y disposición final de los residuos peligrosos conforme a lo indicado en este artículo y las normas oficiales mexicanas. Al respecto, se considera la implementación del Programa de Manejo Integral de Residuos y sus Subprogramas: • Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos. • Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos y Sanitarios. • Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos y de Manejo Especial. • Subprograma de Manejo de Residuos Vegetales. En el Capítulo 6 de esta MIA-R se establecen las medidas y lineamientos que el proyecto realizará para el manejo y disposición final de los residuos peligrosos y de manejo especial, conforme a lo indicado en este dispositivo y las Normas Oficiales Mexicanas. Cada tipo de residuo tendrá su manejo y disposición final específico.
Artículo 18. Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.	El proyecto considera que los residuos sólidos generados durante la operación del proyecto, serán separados en residuos orgánicos e inorgánicos, éstos últimos a su vez se clasificarán en reciclables y no reciclables. Seguidamente serán colocados en contenedores especiales ubicados estratégicamente cerca de las fuentes de generación y respetando esta clasificación.

[17] Diario Oficial de la Federación. (08 de 10 de 2003). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf

Vinculación del proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
	Esta actividad será vigilada a través del Subprograma Residuos, Programa de Manejo Integral.
Artículo 19. Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación: […] VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general.	Los residuos de manejo especial que se generen con motivo del desarrollo del proyecto, como lo son los escombros y demás residuos de construcción, serán manejados conforme a la normatividad y dispuestos a través de prestadores de servicio que cuenten con las autorizaciones locales. Los residuos de manejo especial se acopiarán de forma temporal en áreas designadas para aprovechamiento, en donde serán recolectados para su disposición final por una empresa debidamente acreditada, como se menciona en el párrafo anterior. Estas actividades serán supervisadas a través del Subprograma de Residuos, Componente Residuos Peligrosos y de Manejo Especial, contemplado para el proyecto, dando así cumplimiento con lo indicado en este artículo.
Artículo 22. Las personas que generen o manejen residuos y que requieran determinar si éstos son peligrosos, conforme a lo previsto en este ordenamiento, deberán remitirse a lo que establezcan las normas oficiales mexicanas que los clasifican como tales.	El proyecto se apegará a las medidas establecidas en el Programa de Manejo Integral, Subprograma residuos, que forma parte del SM. Asimismo, la empresa Promovente tomará las medidas adicionales pertinentes para asegurar que el proyecto cumpla con todas las disposiciones establecidas en las Normas Oficiales de la materia, llevando un manejo integral de los residuos peligrosos. El Programa de Manejo Integral, Subprograma Residuos se describen de manera detallada en el Capítulo 6 de esta MIA-R.
Artículo 31. Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente: I. Aceites lubricantes usados; II. Disolventes orgánicos usados; IX. Plaguicidas y sus envases que contengan remanentes de los mismos; XIV. Los residuos patológicos constituidos por tejidos, órganos y partes que se remueven durante las necropsias, la cirugía o algún otro tipo de intervención quirúrgica que no estén contenidos en formol, y XV. Los residuos punzo-cortantes que hayan estado en contacto con humanos o animales o	El Promovente dará cumplimiento a este precepto implementando las medidas establecidas en el Subprograma Residuos, Componente Residuos Peligrosos y de Manejo Especial incluido en el Programa de Manejo Integral, contenido en el SM del proyecto, las cuales pueden revisarse con detalle en el Capítulo 6 de esta MIA-R.

Vinculación del proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
sus muestras biológicas durante el diagnóstico y tratamiento, incluyendo navajas de bisturí, lancetas, jeringas con aguja integrada, agujas hipodérmicas, de acupuntura y para tatuajes.	
Artículo 41. Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.	El manejo de los residuos peligrosos que se generen se hará con el máximo cuidado y se entregarán a un proveedor autorizado por la Secretaría para su disposición final, como lo indica el Capítulo 6 de esta MIA-R.
Artículo 42. Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos, podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador. Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo.	La Promovente del proyecto, se cerciorará que las empresas que subcontrate para el manejo y disposición final de los residuos cuenten con las autorizaciones de esta Secretaría y está consciente de su responsabilidad en el proceso. Asimismo, antes de ser entregados a la empresa responsable de su disposición final, se realizará su adecuado manejo de acuerdo a lo establecido en el Programa de Manejo Integral, Subprograma Residuos, Componente Residuos Peligrosos y de Manejo Especial, que se detalla en el Capítulo 6 de la presente MIA-R.
Artículo 54. Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones, que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales. La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un residuo peligroso y otro material o residuo.	La Promovente, se asegurará que no se mezclen los residuos peligrosos con otros, aplicando los criterios establecidos en la NOM-054-SEMARNAT-1993. Lo anterior a través de un manejo adecuado según lo establecido en el Programa de Manejo Integral, Subprograma Residuos, Componente Residuos Peligrosos y de Manejo Especial. De igual forma, se atenderá lo establecido en el Capítulo 6, con especial atención en evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones.

Fuente: Elaboración propia con información recuperada de la LGPGIR.

3.4.7. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental (Diario Oficial de la Federación, 2013).[18]

Esta norma señala que no se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría. Esto se cumple por medio de la presentación de esta MIA-R, además de no rebasar los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas.

Finalmente, en atención a la fracción III del Artículo 20 de esta Ley, la Supervisión Ambiental formará parte de un **Órgano de Control Interno** dedicado a la verificación del cumplimiento de las obligaciones derivadas de las diversas leyes, licencias, autorizaciones, permisos o concesiones ambientales, así como un sistema interno de gestión y capacitación ambiental en funcionamiento permanente:

3.4.8. Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos

La Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos (LFMZAAH) fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 06 de mayo de 1972, con última reforma el 16 de febrero de 2018. Tiene por objeto la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos arqueológicos, artísticos e históricos y de las zonas de monumentos (Diario Oficial de la Federación , 1972).[19]

A continuación, en la Tabla 3.9 se presenta la vinculación del proyecto con esta norma.

Tabla 3.9 Vinculación del proyecto con la LFMZAAH.

Vinculación del proyecto con la Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
Artículo 6. Los propietarios de bienes inmuebles declarados monumentos históricos o artísticos, deberán conservarlos y, en su caso, restaurarlos en los términos del artículo siguiente, previa autorización del Instituto correspondiente. Los propietarios de bienes inmuebles colindantes a un monumento, que pretendan realizar obras de excavación, cimentación, demolición o construcción, que puedan afectar	El proyecto se encuentra en proceso de gestión ante el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) para la obtención del visto bueno requerido en áreas donde existen monumentos arqueológicos o se presume su presencia. En cumplimiento del régimen jurídico aplicable en materia de conservación y protección del patrimonio arqueológico nacional, y de acuerdo

[18] Diario Oficial de la Federación. (07 de 06 de 2013). *Ley Federal de Responsabilidad Ambiental*. Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFRA_200521.pdf
[19] Diario Oficial de la Federación. (06 de 05 de 1972). *Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos*. Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/131_160218.pdf

las características de los monumentos históricos o artísticos, deberán obtener el permiso del Instituto correspondiente, que se expedirá una vez satisfechos los requisitos que se exijan en el Reglamento.	con las disposiciones establecidas en la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos, es fundamental contar con certeza respecto a la posible existencia de vestigios arqueológicos o elementos de interés en el predio. Por lo tanto, se dará estricto seguimiento a las determinaciones de la autoridad competente en materia de monumentos arqueológicos e históricos, asegurando el cumplimiento de la normativa vigente.
Artículo 30. Toda clase de trabajos materiales para descubrir o explorar monumentos arqueológicos, únicamente serán realizados por el Instituto Nacional de Antropología e Historia o por instituciones científicas o de reconocida solvencia moral, previa autorización.	
Artículo 37.- El Presidente de la República, mediante Decreto, hará la declaratoria de zona de monumentos arqueológicos, artísticos o históricos, en los términos de esta Ley y su Reglamento. Las declaratorias deberán inscribirse en el registro correspondiente, a que se refiere el artículo 21 y publicarse en el "Diario Oficial" de la Federación.	
Artículo 39.- Zona de monumentos arqueológicos es el área que comprende varios monumentos arqueológicos inmuebles, o en que se presuma su existencia.	
Artículo 42. En las zonas de monumentos y en el interior y exterior de éstos, todo anuncio, aviso, carteles; las cocheras, sitios de vehículos, expendios de gasolina o lubricantes; los postes e hilos telegráficos y telefónicos, transformadores y conductores de energía eléctrica, e instalaciones de alumbrados; así como los kioscos, templetes, puestos o cualesquiera otras construcciones permanentes o provisionales, se sujetarán a las disposiciones que al respecto fije esta Ley y su Reglamento.	
Artículo 43. En las zonas de monumentos, los Institutos competentes autorizarán previamente la realización de obras, aplicando en lo conducente las disposiciones del capítulo I	

En adición a lo anterior, y como se demuestra en el ANEXO 3.1, con fundamento en los artículos 42, 43 y 44 de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos; se comenzaron las gestiones necesarias para dar el Visto bueno de obra en áreas de monumentos arqueológicos o en que se presuma su existencia (trámite INAH-05-001).

3.5. REGLAMENTOS

3.5.1. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia De Evaluación del Impacto Ambiental.

Este ordenamiento fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo del 2000, cuya última reforma fue de fecha 31 de octubre de 2014, el cual tiene como objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal, tal y como queda establecido en su Artículo 1, el cual dice señala:

> *"Artículo 1.- El presente ordenamiento es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción; tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal."*

Ahora bien, tal como se ha indicado, la presente MIA-R se orienta a la identificación, evaluación, determinación, prevención y mitigación de los daños que conlleva la ejecución de las actividades que integran al Proyecto durante sus diferentes etapas. De conformidad con la LGEEPA, dentro de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA) se determinarán las obras o actividades sujetas a autorización en materia de impacto ambiental, de las cuales el inciso Q) Y R) del artículo 5 se apegan a las características del Proyecto, en virtud de que está asentado lo siguiente:

> *"Artículo 5.- Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:*
>
> *[…]*
>
> ***O) Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas***
>
> *I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 metros cuadrados, o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial de conformidad con las normas oficiales mexicanas y otros instrumentos jurídicos aplicables;*
>
> *II. Cambio de uso del suelo de áreas forestales a cualquier otro uso, con excepción de las actividades agropecuarias de autoconsumo familiar, que se realicen en predios con pendientes inferiores al cinco por ciento, cuando no impliquen la agregación ni el desmonte de más del veinte por ciento de la superficie total y ésta no rebase 2 hectáreas en zonas templadas y 5 en zonas áridas, y*

III. Los demás cambios de uso del suelo, en terrenos o áreas con uso de suelo forestal, con excepción de la modificación de suelos agrícolas o pecuarios en forestales, agroforestales o silvopastoriles, mediante la utilización de especies nativas.

Q) Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros

R) Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales

[…]"

Así las cosas, se presenta la MIA-R, atendiendo al contenido y alcance del artículo 13 del propio REIA, que señala:

"Artículo 13.- La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información:

Datos generales del Proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;

Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo;

Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables;

Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región;

Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;

Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;

Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y

Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental."

En la Tabla 3.10 se presenta la vinculación del reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental con el proyecto.

Tabla 3.10 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia De Evaluación del Impacto Ambiental.

Disposición legal	Vinculación
Artículo 5.- Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental: O) Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas Q) Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros: Construcción y operación de hoteles, condominios, villas, desarrollos habitacionales y urbanos, restaurantes, instalaciones de comercio y servicios en general, marinas, muelles, rompeolas, campos de golf, infraestructura turística o urbana, vías generales de comunicación, obras de restitución o recuperación de playas, o arrecifes artificiales, que afecte ecosistemas costeros … R) Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales.	La presentación de este documento representa el compromiso del Proyecto para cumplir con lo dispuesto en esta norma jurídica.
Artículo 13.- La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información: I. Datos generales del Proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental; II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo; III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables; IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región; V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.	El estudio que se somete a evaluación cumple con todos y cada uno de los apartados que indica esta norma jurídica.

Disposición legal	Vinculación
Artículo 44.- Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar: I. Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación; II. La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos, y III. En su caso, la Secretaría podrá considerar las medidas preventivas, de mitigación y las demás que sean propuestas de manera voluntaria por el solicitante, para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.	El Proyecto contemplo en la elaboración de la MIA-R los criterios de dicho artículo, mismo que es presentado para su evaluación.
Artículo 47.- La ejecución de la obra o la realización de la actividad de que se trate, deberá sujetarse a lo previsto en la resolución respectiva, en las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan y en las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.	Al respecto, la empresa promovente se compromete a cumplir con todos y cada uno de los lineamientos establecidos por la Secretaría para el desarrollo del Proyecto.

3.5.2. Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones.

Este ordenamiento fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de octubre de 2014, cuya última reforma fue de fecha 31 de octubre de 2014, el cual tiene como objeto reglamentar la Ley General de Cambio Climático, en materia de registro nacional de emisiones, tal y como queda establecido en su Artículo 1. La vinculación del proyecto con el presente reglamento se presenta en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones.

Especificación	Vinculación al Proyecto
Artículo 3.- Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo de la Ley se identifica como sectores y subsectores en los que se agrupan los Establecimientos Sujetos a Reporte, los siguientes: I. Sector Energía: a. Subsector generación, transmisión y distribución de electricidad, y b. Subsector explotación, producción, transporte y distribución de hidrocarburos; V. Sector Residuos:	El Proyecto queda dentro del subsector turismo, de acuerdo al presente artículo, por lo que, es sujeto a reporte. La Promovente se compromete a realizar todos los reportes necesarios en cumplimiento del presente artículo, cuando le sea aplicable.

a. Subsector aguas residuales, y b. Subsector residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial, incluyendo disposición final, y VI. Sector Comercio y Servicios: a. Subsector construcción; d. Subsector actividades recreativas y entretenimiento; e. Subsector turismo;	
Artículo 4.- Las actividades que se considerarán como Establecimientos Sujetos a Reporte agrupadas dentro de los sectores y subsectores señalados en el artículo anterior, son las siguientes: I. Sector Energía: a. Subsector generación, transmisión y distribución de electricidad: a.1. Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, y … V. Sector Residuos: a. Subsector aguas residuales: a.1. Tratamiento de aguas residuales; b. Subsector residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial, incluyendo disposición final: b.1. Actividades de reducción en la fuente de generación del residuo, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, y VI. Sector Comercio y Servicios: a. Subsector construcción: a.1. Edificación residencial; a.2. Edificación no residencial;	El Proyecto queda dentro del subsector turismo, de acuerdo al presente artículo, por lo que, es sujeto a reporte. La Promovente se compromete a realizar todos los reportes necesarios en cumplimiento del presente artículo, cuando le sea aplicable.

a.3. Construcción de obras para el suministro de agua, petróleo, gas, energía eléctrica y telecomunicaciones; a.4. División de terrenos y construcción de obras de urbanización; a.5. Construcción de vías de comunicación; a.6. Otras construcciones de ingeniería civil; a.7. Cimentaciones, montaje de estructuras prefabricadas y trabajos en exteriores; a.8. Instalaciones y equipamiento en construcciones; a.9. Trabajos de acabados en edificaciones, y a.10. Otros trabajos especializados para la construcción; … e. Subsector turismo: e.1. Hoteles, moteles y similares; … Las actividades agrupadas a los sectores transporte, agropecuario, residuos y de comercio y servicios a que se refieren las fracciones II, IV, V y VI del presente artículo, calcularán y reportarán sus Emisiones considerando todas las instalaciones, sucursales, locales, lugares donde se almacenen mercancías y en general cualquier local, instalación o sitio que utilicen para el desempeño de sus actividades. Las actividades previstas en las fracciones I y III del presente artículo calcularán y reportarán sus Emisiones Directas o Indirectas por instalación. … Se consideran como Establecimientos Sujetos a Reporte, aun cuando, conforme a otras disposiciones jurídicas, no estén obligadas a proporcionar información sobre sus Emisiones o descargas a través de la Cédula de Operación Anual ante la Secretaría, pero que en su realización emitan, de manera directa	

o indirecta, Gases o Compuestos de Efecto Invernadero	
Artículo 5.- Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo, fracción I de la Ley, los Gases o Compuestos de Efecto Invernadero sujetos a reporte en los términos del presente Reglamento, son: I. Bióxido de carbono; II. Metano; III. Óxido nitroso; IV. Carbono negro u hollín; V. Clorofluorocarbonos; VI. Hidroclorofluorocarbonos; VII. Hidrofluorocarbonos; VIII. Perfluorocarbonos; IX. Hexafluoruro de azufre; X. Trifluoruro de nitrógeno XI. Éteres halogenados; XII. Halocarbonos; XIII. Mezclas de los anteriores, y XIV. Los Gases y Compuestos de Efecto Invernadero que el Panel Intergubernamental determine como tales y que la Secretaría dé a conocer como sujetos a reporte mediante Acuerdo que publique en el Diario Oficial de la Federación.	La Promovente se da por enterada de los gases o compuestos sujetos a reporte.
Artículo 6.- … El umbral a partir del cual los Establecimientos Sujetos a Reporte, identificados conforme a los artículos 3 y 4 del presente Reglamento, deben presentar la información de sus Emisiones Directas o Indirectas, será el que resulte de la suma anual de dichas Emisiones, siempre que tal resultado sea igual o superior a 25,000 Toneladas de Bióxido de Carbono Equivalente.	La Promovente se da por enterada del umbral sobre el cual se deberán presentar los reportes de emisiones directas e indirectas. En caso de estar dentro de los parámetros del umbral, se presentará el reporte correspondiente.

Artículo 7.- Las metodologías y procedimientos que, conforme al artículo 87, fracción III de la Ley, aplicarán los Establecimientos Sujetos a Reporte para la medición, cálculo, o estimación de sus Emisiones Directas e Indirectas de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero, se basarán en la aplicación de metodologías de: I. Cálculo mediante factores de Emisión, cuando las actividades a reportar correspondan o involucren, de manera enunciativa y no limitativa, a: … II. Cálculo mediante balance de materiales, en aquellos casos en que, enunciativa y no limitativamente, se requiera calcular emisiones: … III. Las que determine el Panel Intergubernamental y que la Secretaría dé a conocer como metodologías aplicables mediante Acuerdo que para tal efecto expida y publique en el Diario Oficial de la Federación, para el caso en que las metodologías señaladas en las fracciones I y II que anteceden, no resulten técnicamente aplicables a la actividad a reportar o no existan metodologías para la medición, cálculo o estimación de alguna Emisión específica. Los Establecimientos Sujetos a Reporte podrán presentar, a consideración de la Secretaría, metodologías alternativas para la medición, cálculo o estimación de sus Emisiones, cuando para garantizar la precisión en la información requieran sistemas, instrumentos o cualquier otro elemento técnicamente análogo en función de la actividad generadora de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero. Para tal efecto, la Secretaría difundirá en su sitio web el protocolo al que deberán sujetarse dichos Establecimientos para el reconocimiento de sus propuestas como metodologías alternativas, las que una vez aprobadas se publicarán mediante Aviso en el Diario Oficial de la Federación para que, quienes se ubiquen en la misma hipótesis que dio lugar a la adopción de una metodología alternativa puedan aplicarla en la medición, cálculo o estimación de sus Emisiones.	La Promovente se da por enterada, y, en el momento oportuno, atenderá todos los requerimientos que deriven de esta norma.
Artículo 9.- Los Establecimientos Sujetos a Reporte, tendrán las siguientes obligaciones:	La Promovente se da por enterada y cumplirá con lo

I. Identificar las Emisiones Directas de Fuentes Fijas y Móviles, conforme a la clasificación de sectores, subsectores y actividades contenidas en los artículos 3 y 4 del presente Reglamento; II. Identificar las Emisiones Indirectas asociadas al consumo de energía eléctrica y térmica; III. Medir, calcular o estimar la Emisión de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero de todas las Fuentes Emisoras identificadas en el Establecimiento aplicando las metodologías que se determinen conforme al artículo 7 del presente Reglamento;	establecido siempre que se encuentre dentro del umbral de reporte.
V. Recopilar y utilizar los datos que se especifican en la metodología de medición, cálculo o estimación que resulte aplicable, determinada conforme al artículo 7 del presente Reglamento; V. Reportar anualmente sus Emisiones Directas e Indirectas, a través de la Cédula de Operación Anual, cuantificándolas en toneladas anuales del Gas o Compuesto de Efecto Invernadero de que se trate y su equivalente en Toneladas de Bióxido de Carbono Equivalentes anuales; VI. Verificar obligatoriamente la información reportada, en los términos del presente Reglamento, a través de los Organismos previstos en el presente Reglamento, VII. Conservar, por un período de 5 años, contados a partir de la fecha en que la Secretaría haya recibido la Cédula de Operación Anual correspondiente, la información, datos y documentos sobre sus Emisiones Directas e Indirectas, así como la utilizada para su medición, cálculo o estimación.	
Artículo 10.- Los Establecimientos Sujetos a Reporte que la Secretaría identifique, conforme a los artículos 3 y 4 del presente Reglamento, reportarán sus Emisiones Directas e Indirectas únicamente ante el Registro y lo harán solamente cuando actualicen el umbral de reporte previsto en el artículo 6 de este ordenamiento.	La Promovente se da por enterada y cumplirá con lo establecido siempre que se encuentre dentro del umbral de reporte.
Artículo 12.- La presentación del reporte de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero ante el Registro se realizará a través de la Cédula de Operación Anual y se sujetará al siguiente procedimiento:	La Promovente se da por enterada y realizará su cedula de operación anual en el periodo establecido, una vez sea autorizado el Proyecto.

I. En el periodo comprendido entre el 1 de marzo y el 30 de junio de cada año, los Establecimientos Sujetos a Reporte deberán integrar al Registro la información de sus Emisiones Directas e Indirectas generadas entre el 1 de enero y el 31 de diciembre del año inmediato anterior; II. La Cédula de Operación Anual se presentará en formato impreso, electrónico o a través del sitio web de la Secretaría o de sus Delegaciones Federales. La Secretaría pondrá a disposición de los interesados los formatos a que se refiere la presente fracción para su libre reproducción; III. La Secretaría contará con un plazo de 20 días hábiles, contados a partir de la recepción de la Cédula de Operación Anual, para revisar que la información contenida se encuentre debidamente requisitada y, en caso de no ser así, por única vez, podrá requerir al promovente para que complemente, rectifique, aclare o confirme dicha información, dentro de un plazo que no excederá de 15 días hábiles contados a partir de su notificación; IV. Desahogado el requerimiento, se tendrá por presentada la Cédula de Operación Anual y, en consecuencia, por reportadas las Emisiones de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero, y V. En caso de que el Establecimiento Sujeto a Reporte no desahogue el requerimiento a que se refiere la fracción III de este artículo, se tendrá por no presentada la Cédula de Operación Anual, únicamente en lo relativo al reporte de Emisiones de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero. …	
Artículo 14.- La información que debe reportarse en materia de Emisiones Directas o Indirectas, considerando el tipo de Fuente Emisora, será: I. Tratándose de Fuentes Fijas: a. El resultado de las Emisiones Directas por tipo de Gas o Compuesto de Efecto Invernadero por todas las Fuentes Fijas de un mismo tipo de actividad; b. El volumen consumido anualmente por tipo de combustible, y	La Promovente se da por enterada y realizará su reporte conforme a lo indicado en el presente artículo

c. Ubicación del Establecimiento Sujeto a Reporte cuyas Emisiones se reportan, y II. En el caso de Fuentes Móviles: • • a. Emisiones Directas por tipo de Gas o Compuesto de Efecto Invernadero; • • b. Número y tipo de unidades, y • • c. Volumen consumido anualmente por tipo de combustible.	
Artículo 16.- Los Establecimientos Sujetos a Reporte deberán, cada 3 años, adjuntar a la información que presenten para su integración al Registro, un Dictamen de Verificación, expedido por un Organismo acreditado y aprobado para tales efectos. El Dictamen de Verificación de la información reportada se presentará ante la Secretaría durante el período comprendido entre el 1 de julio al 30 de noviembre del año en que el Establecimiento Sujeto a Reporte esté obligado a validar dicha información.	La Promovente se da por enterada y cumplirá con lo establecido siempre que se encuentre dentro del umbral de reporte.
Artículo 26. Las personas físicas o morales que hayan implementado Proyectos o actividades que tengan como resultado la Mitigación, reducción o absorción de Emisiones de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero, si éstos se han realizado en el territorio nacional, podrán solicitar la inscripción de dicha información en el Registro, previo Dictamen de Validación expedido por un Organismo acreditado y aprobado para tal efecto, que certifique el resultado de dichos Proyectos. Para los efectos del párrafo anterior, se considerarán como Proyectos o actividades de Mitigación a aquéllos que tengan como finalidad la reducción o absorción de Emisiones; a los relativos al manejo sustentable o conservación de los ecosistemas para el aumento o conservación de los sumideros de carbono provenientes del sector forestal, y a cualquier otra actividad que tenga como finalidad el secuestro de carbono.	El Proyecto incluirá medidas de mitigación y reducción de emisiones a la atmosfera. Estas medidas se describen en el Capítulo 6 de la presente MIA-R. Una vez aprobado el Proyecto realizará con lo indicado en presente artículo.
Artículo 27. Los promoventes para inscribir en el Registro los Proyectos o acciones de Mitigación, reducción o absorción de Emisiones de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero y comprobar que no incurre en una doble contabilidad, deberán presentar a la Secretaría lo siguiente: …	La Promovente del Proyecto realizará lo correspondiente para el cumplimiento del presente artículo.

Artículo 28. Para la integración en el Registro de la información prevista en el presente Capítulo, la Secretaría aplicará en lo conducente el procedimiento previsto en el artículo 12 de este Reglamento, para lo cual incluirá en el sistema señalado en dicho precepto, el apartado relativo a los Proyectos o actividades de Mitigación o reducción de Emisiones de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero y, en su caso, expedirá un certificado que acredite la inscripción del Proyecto o actividad y las reducciones registradas.	La Promovente se da por enterado de lo mencionado en el presente artículo.
Artículo 29. La Secretaría para efectuar la validación prevista en el artículo 90, párrafo segundo de la Ley, reconocerá como certificaciones obtenidas por registros internacionales, aquéllas reconocidas por organismos internacionales en materia de Cambio Climático, por organismos extranjeros de certificación de reducción de Emisiones o por aquellos organismos que sean aceptados o reconocidos en los mercados internacionales de carbono.	La Promovente se da por enterad mencionado en el presente artícu

3.6. PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

3.6.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

Publicado en septiembre de 2012 en el Diario oficial de la Federación, tiene por objeto, en términos de lo establecido en el Artículo 20 de LGEEPA, determinar la regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las que la nación ejerce soberanía y jurisdicción, a partir del diagnóstico de las características, disponibilidad y demanda de los recursos naturales, así como las actividades productivas que en ellas se desarrollen y, de la ubicación y situación de los asentamientos humanos existentes, determinando los lineamientos y estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; de igual manera, identifica las áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial, los lineamientos y estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, aplicables a ésta regionalización.

En este sentido, el POEGT promueve un esquema de coordinación y corresponsabilidad entre los sectores de la Administración Pública Federal, que es a quienes está dirigido, lo que permite generar sinergias y propiciar un desarrollo sustentable en cada una de las regiones ecológicas identificadas en el territorio nacional. Por su escala y alcance, el POEGT no tiene como objeto autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de las actividades sectoriales.

Por lo que, dicho instrumento, en términos de los artículos segundo y tercero de su Acuerdo de Expedición, es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y vincula las acciones y programas de la Administración Pública Federal y las entidades paraestatales en el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática. Con lo que las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal deberán observar el POEGT en sus programas operativos anuales, en sus Proyectos de presupuestos de egresos y en sus programas de obra pública.

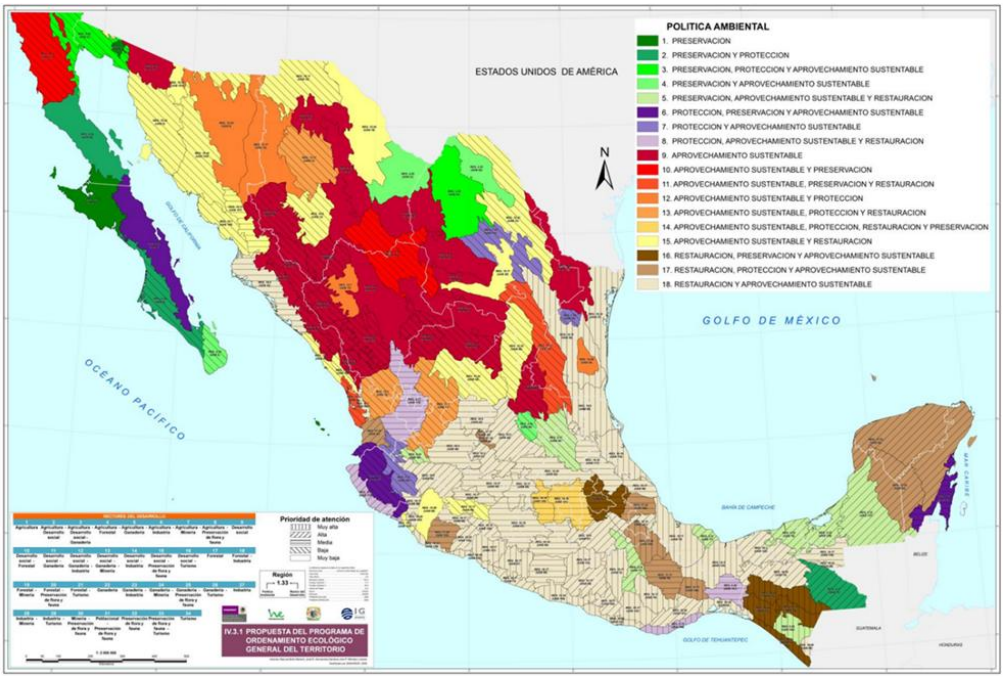
En este sentido, se reitera que este POEGT es un instrumento de planeación espacial diseñado fundamentalmente para orientar a las autoridades federales, estatales y municipales en materia de uso del suelo, infraestructura y equipamientos. Aunque la mayoría de sus acciones corresponden a dichas instancias de gobierno, el Proyecto dará observancia a los lineamientos del POEGT en lo que le sea aplicable, limitando su participación a las facultades y recursos aplicables.

La base para la regionalización ecológica, comprende unidades territoriales sintéticas que se integran a partir de los principales factores del medio biofísico, mismos que son: clima, relieve, vegetación y suelo. La interacción de estos factores determina la homogeneidad relativa del territorio hacia el interior de cada unidad y la heterogeneidad con el resto de las unidades. Con este principio se obtuvo como resultado la diferenciación del territorio nacional en 145 unidades denominadas unidades ambientales biofísicas (UAB), representadas a escala 1:2`000,000, empleadas como base para el análisis de las etapas de diagnóstico y pronóstico, y para construir la propuesta del Programa de Ordenamiento Ecológico general del Territorio.

Así, las regiones ecológicas se integran por un conjunto de unidades ambientales biofísicas, que comparten la misma prioridad de atención, de aptitud sectorial y de política ambiental. Con base en lo anterior, a cada una de las unidades ambientales biofísicas, le fueron asignados lineamientos y estrategias ecológicas específicas, de la misma manera que ocurre con las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) previstas en los Programas de Ordenamiento Ecológico Regionales y Locales.

El sitio de pretendida ubicación del Proyecto se localiza en Baja California Sur, específicamente la Región ecológica 4.32 y UAB 4, en el contexto del presente ordenamiento; Política Ambiental de Preservación y Aprovechamiento Sustentable y como Ejes Rectores la Preservación de Flora y Fauna, tal y como se observa a continuación.

Figura 3.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.



Los lineamientos ecológicos a cumplir son los siguientes:

- Proteger y usar responsablemente el patrimonio natural y cultural del territorio, consolidando la aplicación y el cumplimiento de la normatividad en materia ambiental, desarrollo rural y ordenamiento ecológico del territorio.
- Mejorar la planeación y coordinación existente entre las distintas instancias y sectores económicos que intervienen en la instrumentación del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, con la activa participación de la sociedad en las acciones en esta área.
- Contar con una población con conciencia ambiental y responsable del uso sustentable del territorio, fomentando la educación ambiental a través de los medios de comunicación y sistemas de educación y salud.
- Contar con mecanismos de coordinación y responsabilidad compartida entre los diferentes niveles de gobierno para la protección, conservación y restauración del capital natural.
- Preservar la flora y la fauna, tanto en su espacio terrestre como en los sistemas hídricos a través de las acciones coordinadas entre las instituciones y la sociedad civil.
- Promover la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad, mediante formas de utilización y aprovechamiento sustentable que beneficien a los habitantes locales y eviten la disminución del capital natural.
- Brindar información actualizada y confiable para la toma de decisiones en la instrumentación del ordenamiento ecológico territorial y la planeación sectorial.
- Fomentar la coordinación intersectorial a fin de fortalecer y hacer más eficiente al sistema económico.
- Incorporar al SINAP las áreas prioritarias para la preservación, bajo esquemas de preservación y manejo sustentable.
- Reducir las tendencias de degradación ambiental, consideradas en el escenario tendencial del pronóstico, a través de la observación de las políticas del Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

De acuerdo a la regionalización del POETGT, el sitio de pretendida ubicación del Proyecto se encuentra en la región 4.32, aplicándole las siguientes estrategias ecológicas .

Figura 3.2 Ubicación del predio respecto al POEGT

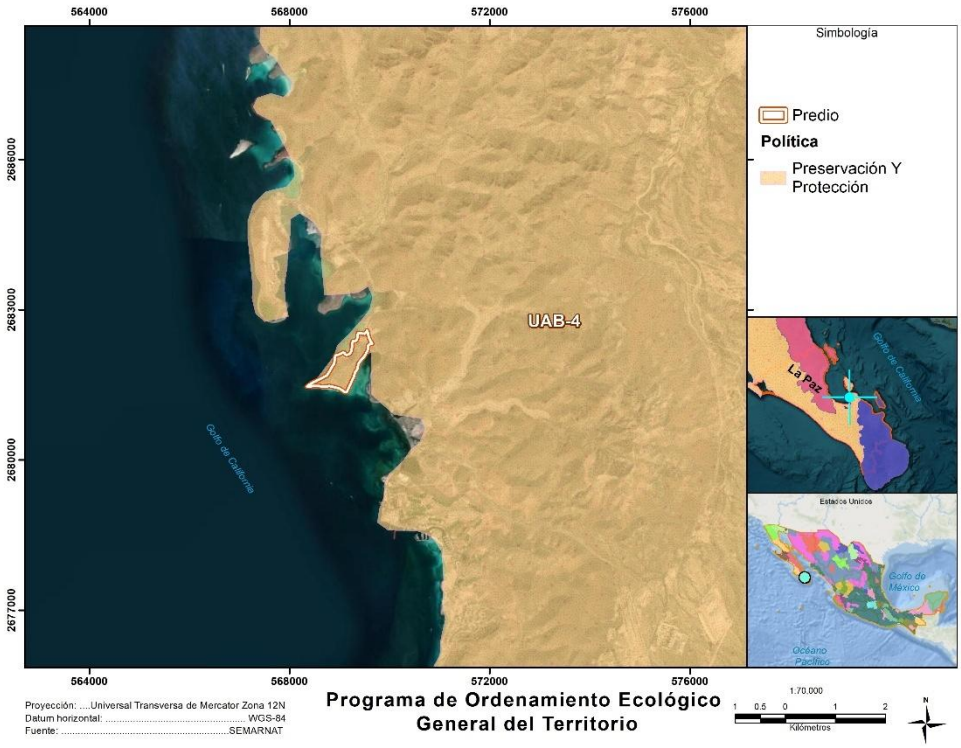


Tabla 3.12 Estrategias Ecológicas Aplicables a la UAB 4

Clave región	UAB	Nombre de la UAB	Rectores del desarrollo	Coadyuvante del desarrollo	Asociados del desarrollo	Otros sectores de interés	Política ambiental	Nivel de atención prioritaria	Estrategias
2.32	4	Llanos de la Magdalena	Preservación de flora y fauna	Minería y Turismo	Forestal	CFE SCT	Preservación y aprovechamiento sustentable	Baja	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9,10,11,12, 13 14, 15, 15, 15BIS, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 30, 44

A continuación, se desarrolla la vinculación de las actividades del Proyecto con las estrategias ecológicas aplicables.

Tabla 3.13 Estrategias ecológicas aplicables al Proyecto.

Estrategia	Vinculación
1. Dirigidas a lograr la Sustentabilidad Ambiental del Territorio:	
Estrategia 1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad. Acciones:	
Fomentar y consolidar las iniciativas de protección y conservación in situ, como las áreas naturales protegidas en los ámbitos federal, estatal y municipal de conservación ecológica de los centros de población, aquellas destinadas voluntariamente a la conservación y las designadas por su importancia a nivel internacional, incrementando el número de áreas que cuentan con un financiamiento garantizado para las acciones básicas de conservación.	El predio no se ubica dentro de ninguna área natural protegida, sin embargo, el Proyecto contará con áreas libres enfocadas a la conservación, mismas que serán cuidadas por medio del Programa de Supervisión Ambiental.
Fomentar la creación de mecanismos de apoyo para las comunidades rurales, grupos de comuneros, pescadores y campesinos que tengan áreas dedicadas a la conservación o que contribuyan a la protección de la biodiversidad de su área de influencia.	El Proyecto está comprometido con las comunidades rurales y la sociedad en general, por lo cual ha diseñado un programa de Responsabilidad Social y Cultural, en el marco del SGAS por medio del cual serán ejecutados todas las medidas y mecanismos de apoyo a las comunidades aledañas.
Establecer mecanismos de coordinación institucional en los tres órdenes de gobierno para la autorización de obras y actividades en áreas propuestas para la conservación del patrimonio natural.	El Proyecto ejecutará un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad (SGAS) mediante el cual se establecerán los mecanismos de coordinación con los tres niveles de gobierno para la conservación de vegetación que contempla el Proyecto.
Promover en los programas de ordenamiento ecológico regionales y locales, las condiciones para la articulación, la conectividad y el manejo regional de las áreas sujetas a conservación.	El Proyecto contempla la contar áreas libres enfocadas a la conservación de la vegetación original, los cuales funcionarán como corredores biológicos conectados entre sí y que se conectan con los ecosistemas aledaños al predio.
Reforzar los instrumentos y capacidades para prevenir y controlar los actos ilícitos contra los elementos de la biodiversidad.	El Proyecto ejecutará un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad (SGAS)[20] que contiene un Programa de Supervisión Ambiental mediante el cual vigilará no se cometan ilícitos contra elementos de la biodiversidad.
Establecer mecanismos de bioseguridad para regular la manipulación de los recursos genéticos.	El Proyecto ejecutará un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad que contiene un Programa de Supervisión Ambiental mediante el cual se vigilará no se cometan ilícitos contra elementos de la biodiversidad.
Impulsar los esfuerzos de seguimiento (monitoreo) de la condición de los elementos de la biodiversidad nacional.	El Proyecto contempla un Programa de Monitoreo Ambiental mediante el cual dará seguimiento a la eficacia de las medidas

[20] El SGAS se define como el instrumento operativo a través del cual se ajustan los compromisos ambientales y se establecen las estrategias para la reducción y el manejo adecuado de los impactos ambientales identificados en cada una de las etapas de implementación del proyecto. Es decir, es un sistema dinámico de gestión cuya estructura le permite adaptarse a los cambios y brindar retroalimentación. Este Sistema se describe a detalle en el Capítulo 6 de la presente MIA-R.

Estrategia	Vinculación
	implementadas y de la salud de los ecosistemas presentes en el predio.
Establecer y desarrollar por medio de la coordinación interinstitucional e intersectorial, las capacidades para la prevención, control, mitigación y seguimiento de emergencias, mediante el diseño y aplicación de programas específicos para eventos como: huracanes, incendios forestales, mortandad de fauna, vulcanismo, sequía, e inundaciones y de adaptación al cambio climático.	El Proyecto diseño un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad, mediante el cual aplicará todas las medidas propuestas que incluye programas específicos para eventos como: huracanes, incendios forestales, mortandad de fauna, vulcanismo, sequía, e inundaciones y de adaptación al cambio climático. Esto puede consultarse en el Capítulo 6 de la presente MIA-R.
Fortalecer la conservación de los ecosistemas y las especies, en especial, de aquellas especies en riesgo.	El Proyecto conservará vegetación en la cual se desarrollan especies faunísticas y una especie florística consideradas con algún tipo de riesgo. Adicionalmente previo a la etapa de preparación del terreno se contempla la ejecución de un programa de rescate mediante el cual se les dará prioridad a las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
Fomentar la creación y mayor cobertura de Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA).	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Fomentar acciones para proteger y conservar los recursos hídricos, superficiales y del subsuelo, a partir de las cuencas hidrológicas en el territorio nacional.	El Proyecto contempla la conservación de vegetación. Todas estas áreas de conservación y áreas verdes funcionarán como áreas de infiltración y su existencia será vigilada mediante el Programa de Supervisión Ambiental y el Programa de Manejo de Áreas de Conservación.
Mejorar la detección y fortalecer la prevención y el combate de incendios forestales.	El Proyecto tendrá un Programa de Prevención y Manejo de Contingencias Ambientales, mediante el cual se coordinará con las instancias pertinentes en caso de presentarse alguna eventualidad como incendios forestales.
Promover el establecimiento de corredores biológicos entre Áreas Naturales Protegidas (ANP) u otras modalidades de conservación.	El predio en el cual se pretende desarrollar el Proyecto, se encuentra en el área de influencia del Área Natural Protegida Balandra. El Proyecto contará con áreas libres enfocadas a la conservación de la vegetación, estas áreas funcionarán como corredores biológicos conectados entre sí y que conectarán a los ecosistemas de predios aledaños.
Celebrar convenios de o concertación, con instituciones involucradas en la preservación de áreas naturales para promover y proponer que las zonas susceptibles de ser declaradas como área natural protegida sean inscritas legalmente según corresponda. Asimismo, promover la elaboración de planes de manejo y el asesoramiento a los sujetos agrarios involucrados.	El Proyecto incluye un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad mediante el cual cuenta con subprogramas para el manejo, mejoramiento, y conservación

Estrategia	Vinculación
Estrategia 2. Recuperación de especies en riesgo. Acciones:	
Promover la recuperación del tamaño de las poblaciones de especies amenazadas o en peligro de extinción, listadas la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, así como de aquellas indicadoras y/o emblemáticas cuya protección resulte en la conservación del hábitat de otras especies prioritarias y que puedan ser objeto de seguimiento (monitoreo).	El Proyecto ejecutará un programa de rescate de vegetación y fauna. Todos los ejemplares serán reubicados en las áreas de conservación y estas áreas serán vigiladas y monitoreadas mediante el programa de Supervisión Ambiental y el Programa de Monitoreo Ambiental.
Diseñar planes y programas estratégicos para la restauración de Áreas Naturales Protegidas de competencia Federal que han estado sometidas a un uso y manejo constante por la actividad antrópica.	Internamente el proyecto ejecutará un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad mediante el cual se aplicarán todas las medidas de prevención, mitigación y compensación.
Formular directrices sobre traslocación de especies y programas de atención para las especies exóticas, así como para el control y erradicación de especies invasoras y plagas.	El Proyecto implementará el Programas de Manejo Integral de Fauna y el Programa de Manejo Integral de Vegetación, mediante los cuales vigilará la introducción de especies exóticas y realizará el control y erradicación de especies invasoras y plagas.
Erradicar especies exóticas que afectan negativamente a las especies y los ecosistemas naturales de México, con énfasis en el territorio insular y en las Áreas Naturales Protegidas de competencia Federal que se consideren prioritarias por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.	El Proyecto implementará un Programa de Manejo Integral de la Fauna y Vegetación mediante el cual dará cumplimiento a lo mencionado en la presente estrategia.
Establecer disposiciones legales, administrativas y políticas en materia de traslocación y el movimiento de especies, y que favorezcan la producción, comercio y consumo de las especies nativas.	El Proyecto no incluye la translocación o movimiento de especies. Se implementará un Programa de Manejo Integral de la Fauna y Vegetación mediante el cual dará cumplimiento a lo mencionado en la presente estrategia
Llevar a cabo evaluaciones técnicas y científicas sobre el impacto que provoca la autorización para la traslocación e introducción de especies, sobre especies nativas y el ambiente en general.	El Proyecto no pretende la traslocación o introducción de especies.
Instrumentar el Programa de Conservación de Especies en Riesgo 2007-2012, y sus Programas de Acción para la Conservación de Especies en Riesgo.	El Proyecto ejecutará Programas Integrales de Manejo de Vegetación y Fauna.
Fomentar la recuperación de especies en riesgo mediante Proyectos de reproducción, traslocación, repoblación y reintroducción, en el	El Proyecto no pretende la traslocación o introducción de especies. Se ejecutarán Programas Integrales de Manejo de Vegetación y Fauna, mediante los cuales realizará el

Estrategia	Vinculación
marco del Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA).	rescate de especies y la conservación de los mismos.
Estrategia 3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad. Acciones:	
Promover la integración de un sistema de apoyo al desarrollo científico que articule los esfuerzos, recursos y políticas de todas las instituciones de educación superior e investigación para el desarrollo e impulso de conocimiento sobre los ecosistemas y su biodiversidad.	El Proyecto ejecutará un Programa de Difusión Ambiental, mediante el cual transmitirá, por diferentes medios, toda la información ambiental necesaria para todos los usuarios del mismo.
Formular estrategias de apropiación y manejo de la biodiversidad, en diferentes escenarios ambientales y culturales, que deriven preferentemente en el diseño de mejores técnicas de uso y el desarrollo de nuevos procesos industriales, productos y mercados para definir esquemas de manejo que permitan la sostenibilidad de los aprovechamientos.	El Proyecto plantea aplicar un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad, mediante el cual ejecutará todas las medidas de prevención, mitigación y compensación que incluyen cuestiones para el manejo de la biodiversidad permitiendo la sostenibilidad del aprovechamiento que se plantea.
Impulsar el desarrollo sustentable dentro de las áreas naturales protegidas y hacia fuera de ellas.	El proyecto plantea aplicar un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad mediante el cual impulsará el desarrollo sustentable del Proyecto.
Rescatar el manejo, formas de organización y valores derivados de los conocimientos empíricos o tradicionales, sean éstos etnobotánicos, etnozoológicos o de otro tipo.	El Proyecto contempla la ejecución de un Programa de Gestión Sostenible mediante el cual se tomarán en cuenta el rescate de conocimientos y valores tradicionales de la región.
Incorporar en la investigación sobre la biodiversidad, aspectos sociales y culturales (valores de uso, religiosos, estéticos, etc.); económicos (valor de los servicios ecológicos, usos actuales y potenciales y su aplicabilidad comercial, etc.), y de manejo (tecnologías, propagación, rehabilitación, etc.), además de los aspectos ecológicos y biológicos (demografía, diversidad genética, aspectos reproductivos, estatus, etc.).	En la presente MIA-R, se integraron los estudios necesarios realizados para el diseño del Proyecto.
Impulsar los estudios de valoración económica de los usos de la biodiversidad nacional, particularmente en el caso de los elementos más utilizados y de los usos que afectan negativamente los recursos.	El Proyecto tomará en cuenta lo mencionado en el presente criterio y realizará los estudios necesarios.
Realizar esfuerzos de modelaje e investigación científica orientada a evaluar los impactos de las emisiones a la atmósfera y el efecto que produciría el cambio climático en las áreas naturales protegidas y en ecosistemas naturales, así como en la abundancia relativa de las especies que sean clasificadas como prioritarias para la conservación, de conformidad con la Ley General de Vida Silvestre, previendo los efectos que los cambios de unos acarrean para otros.	El Proyecto tomó en cuenta datos y estudios relacionados con el impacto de las emisiones a la atmósfera y el cambio climático..

Estrategia	Vinculación
Fortalecer en todos los niveles acciones de educación ambiental encaminadas a propiciar cambios de actitud y comportamiento en la sociedad frente a la biodiversidad.	El Proyecto ejecutará un Programa de Difusión Ambiental mediante el cual atenderá lo mencionado en el presente criterio.
Monitorear ecosistemas prioritarios amenazados.	El Proyecto ejecutará un Programa de Monitoreo Ambiental
Monitorear "puntos de calor" en tiempo real para detectar incendios.	El Proyecto incluye un Programa de Monitoreo Ambiental y Programa de Atención a Contingencia Ambientales, mediante los cuales se atenderá lo mencionado en el presente criterio.
Monitorear especies silvestres para su conservación y aprovechamiento.	El Proyecto ejecutará un Programa de Monitoreo Ambiental.
Monitorear y evaluarlas especies exóticas o invasoras.	El Proyecto incluye un Programa de Monitoreo Ambiental y un Programa de Manejo Integral de la Vegetación y Fauna.
Estrategia 4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, recursos genéticos y recursos naturales. **Acciones:**	
Operar el Fondo para el Fomento al Uso Sustentable de la Biodiversidad mediante Proyectos de reproducción, repoblación, traslocación y reintroducción de especies silvestres, así como el desarrollo de sus respectivos mercados.	El Proyecto a través de su Programa de Gestión Sostenible, estará en coordinación con las instancias ambientales correspondientes. Se destinará un presupuesto anual para la aplicación de todas las medidas contempladas en su Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad.
Fomentar el uso legal de los recursos genéticos y la distribución equitativa de los beneficios derivados de su uso.	El Proyecto no realizará el aprovechamiento de recursos genéticos.
Establecer mecanismos de bioseguridad para regular la manipulación de los recursos genéticos.	El Proyecto no realizará el aprovechamiento de recursos genéticos.
Realizar una evaluación, tanto en el aspecto agrícola como en el alimentario, de las bondades y riesgos derivados de la liberación, consumo o utilización de productos transgénicos y organismos modificados genéticamente, tanto para el ambiente como para la salud humana.	El Proyecto no realizará el manejo o consumo de productos transgénicos u organismos genéticamente modificados.
Establecer un programa nacional de biotecnología que mida el valor económico de los recursos genéticos nativos, fomente y oriente la investigación en ingeniería genética relacionada con especies nativas, establezca criterios, salvaguardas e indicadores de seguridad, y tenga también como propósito revalorar y reanimar el saber popular en torno al uso selectivo de la biodiversidad.	La Promovente se da por enterada del programa nacional mencionado en el presente criterio.
Impulsar el conocimiento y la regulación del acceso a los recursos genéticos y sus usos, así como fomentar la expedición de patentes o registros asociados con la denominación de origen, la propiedad intelectual o el secreto	El Proyecto no realizará el aprovechamiento de recursos genéticos.

Estrategia	Vinculación
industrial, según convenga, de los recursos genéticos derivados de la domesticación, selección o manipulación tradicional hecha por grupos mexicanos (indígenas, campesinos u otros).	
Estrategia 7: aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. **Acciones:**	
Impulsar la ejecución de Proyectos de aprovechamiento forestal sustentable en zonas rurales y /o de población indígena.	El Proyecto no realizará actividades de aprovechamiento forestal.
Mantener actualizada la zonificación forestal.	El Proyecto no realizará actividades de aprovechamiento forestal.
Fomentar el aprovechamiento forestal sustentable certificado.	El Proyecto no realizará actividades de aprovechamiento forestal.
Instrumentar los Consejos Regionales Forestales en las Unidades de Manejo Forestal (UMAFORS).	El Proyecto no realizará actividades de aprovechamiento forestal.
Incrementar la cobertura del diagnóstico fitosanitario en ecosistemas forestales.	El Proyecto no realizará actividades de aprovechamiento forestal.
Impulsar las Promotoras de Desarrollo Forestal.	El Proyecto no realizará actividades de aprovechamiento forestal.
Incrementar la superficie sujeta a manejo forestal para el aprovechamiento sustentable de recursos forestales maderables y no maderables.	El Proyecto no realizará actividades de aprovechamiento forestal.
Estrategia 8: valoración de los servicios ambientales. **Acciones:**	
Realizar estudios y análisis económicos en torno al impacto de la pérdida o disminución de elementos de la biodiversidad; en particular y prioritariamente, de aquellos que presten servicios ambientales directamente relacionados con la restauración y conservación de suelo fértil, y de regulación y mantenimiento de los ciclos hidrológicos. Identificar el potencial y la distribución de la prestación de servicios ambientales, así como a los usuarios y proveedores. Valorar los costos de la pérdida de los bienes y servicios ambientales asociada a la ejecución de Proyectos de desarrollo.	El Proyecto tendrá una superficie de áreas libres enfocadas al manejo, mejoramiento y conservación de vegetación, en cuyas áreas se garantizará sigan brindando sus servicios ambientales esto se realizará a través del Subprograma de Manejo de Áreas de Conservación del Proyecto.
Ampliar la atención institucional en el otorgamiento de estímulos fiscales o cualquier otro tipo de instrumento económico, dirigido a promover mayor participación de distintos sectores en estudios ambientales, uso sustentable, protección y conservación de la biodiversidad y de los servicios ambientales.	El Proyecto ejecutará un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad, que incluye Programas de Monitoreo y Programas Integrales de Manejo de Vegetación Fauna.
Impulsar el desarrollo de mercados locales de pago por servicios ambientales.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.

Estrategia	Vinculación
Fortalecer el cobro de derechos de goce y disfrute de las ANP.	El Proyecto no se ubica dentro de ningún Área Natural Protegida.
Ampliar la superficie de los ecosistemas forestales incorporada al Programa de Pago por Servicios Ambientales.	El Proyecto tendrá superficies consideradas como áreas libres enfocadas al manejo, mejoramiento y conservación de la vegetación.
Desarrollar mercados y cadenas productivas para productos y derivados de especies silvestres y recursos naturales aprovechados de manera sustentable.	El Proyecto no realizará actividades relacionadas a cadenas productivas.
Desalentar el comercio de productos derivados del aprovechamiento no sustentable de los recursos naturales y la biodiversidad.	El Proyecto no pretende realizar comercialización de productos agrícolas, pecuarios o industriales. Se realizará un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y cumplirá con toda la legislación, normatividad y ordenamientos aplicables.
Fortalecer el Sistema Nacional de Auditorias Técnicas Preventivas de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Crear el Sistema Nacional de Certificación Forestal y de la Cadena de Custodia en la CONAFOR.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Fomentar el turismo de naturaleza en las ANP.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Estrategia 9: Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados Acciones:	
Mantener actualizada la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas del país y adoptar las medidas necesarias para el registro oportuno y veraz de los volúmenes concesionados y utilizados.	El Proyecto aporta estimaciones de escurrimientos anuales por vertiente y propone captación local de lluvia.
Instrumentar planes de manejo de acuíferos sobreexplotados.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Propiciar la preservación de los ecosistemas del país procurando mantener el caudal ecológico.	El diseño del drenaje pluvial busca reconducir el agua de lluvia hacia cauces naturales, reducir erosión y favorecer la recarga del acuífero, lo cual ayuda a mantener condiciones mínimas de flujo en el estero y sus manglares.
Instrumentar proyectos de recarga artificial de acuíferos.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia. Sin que sea óbice de lo anterior, existe una recarga inducida a través de la mejora de infiltración superficial.
Operar Bancos de Agua.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Desarrollar sistemas regionales de información para reforzar la gestión del agua por cuenca y acuífero.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Dar un papel más relevante a los Comités Técnicos de Aguas en la gestión de los acuíferos.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Fortalecer la organización y funcionamiento de los Consejos de Cuenca y sus órganos auxiliares.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.

Estrategia	Vinculación
Reforzar los sistemas de medición y verificación del cumplimiento de los volúmenes concesionados.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Estrategia 10: Reglamentar para su protección, el uso de agua en las principales cuencas y acuíferos. **Acciones:**	
Identificar cuerpos de agua de atención prioritaria.	Si bien el estero Puerto Gato se describe en detalle, no se señala su categorización oficial como cuerpo de agua de atención prioritaria; ya que esta acción es atribución de las autoridades competentes en la materia.
Instrumentar reglamentos para el uso del agua en cuencas y elaborar proyectos de reglamentos en acuíferos prioritarios.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Ejecutar el proceso de planeación, programación, presupuesto y aplicación obligatoria de los Programas Hídricos por Cuenca Prioritaria.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Establecer proyectos de veda de agua subterránea.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Actualizar decretos de veda y poligonales acordes con las condiciones de agua renovable (disponibilidad) en las cuencas y acuíferos.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Establecer declaratorias de reserva de aguas superficiales y subterráneas.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Formular reglamentos para la distribución de las aguas superficiales por cuenca y subterránea por acuífero.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Estrategia 11: Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) **Acciones:**	
Contar con un programa de mantenimiento de infraestructura en las presas.	El Proyecto no involucra presas, por lo que no define un programa de mantenimiento. Asimismo, esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Crear un fondo nacional para el mantenimiento y rehabilitación de presas e infraestructura hidráulica mayor.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Asegurar que los volúmenes de agua concesionados estén acordes con la disponibilidad de las fuentes de abastecimiento.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Estrategia 12: protección de los ecosistemas. **Acciones:**	
Conservar los suelos mediante el fortalecimiento de instrumentos para su protección, programas de manejo sustentable de tierras y fortalecimiento de criterios ambientales en los programas agropecuarios y forestales mediante acciones transversales con la SAGARPA.	El Proyecto no plantea desarrollar actividades forestales, agrícolas o pecuarias. El Proyecto prevé la implementación de medidas para la conservación de suelos y arrastre de sedimentos.
Realizar estudios para la conservación y mejoramiento de pastizales y agostaderos, a fin de impulsar la explotación racional de las tierras dedicadas a la ganadería.	El Proyecto no plantea el desarrollo de actividades agrícolas o pecuarias.

Estrategia	Vinculación
Ejecutar Proyectos de preservación y ordenamiento forestal sustentable en zonas rurales y /o de población indígena.	El Proyecto realizó una zonificación ambiental que tomo en cuenta toda la legislación y normatividad aplicable, así como las condiciones ambientales del predio mediante el cual se realizó el sembrado de su infraestructura.
Regular la expansión de la frontera agrícola y ganadera hacia territorios con interés para la preservación o protección.	El Proyecto no realizará actividades agropecuarias.
Controlar, mitigar y prevenir la desertificación y actualizar e implementar el Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación, fortaleciendo las capacidades mediante el Sistema Nacional de Lucha contra la Desertificación y Degradación de los Recursos Naturales (SINADES).	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Estrategia 13: Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes Acciones:	
Promover que el uso y aplicación de plaguicidas agrícolas sea realizado por profesionales certificados.	El Proyecto implementará un Programa de Manejo Integral de Fauna y Vegetación, mediante los cuales vigilará la introducción de especies exóticas y realizará el control y erradicación de especies invasoras y plagas.
Promover el manejo integrado de plagas como estrategia de control en los sistemas de producción.	El Proyecto implementará un Programa de Manejo Integral de Fauna y Vegetación, mediante los cuales vigilará la introducción de especies exóticas y realizará el control y erradicación de especies invasoras y plagas.
Promover la generación y uso de biofertilizantes y bioplaguicidas en las actividades agrícolas.	La presente acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Estrategia 14: restauración de ecosistemas forestales y suelos agropecuarios. Acciones:	
Reforestar tierras preferentemente forestales con especies nativas, apropiadas a las distintas zonas ecológicas del país y acordes con los cambios en las tendencias climáticas.	El Proyecto no realizará actividades forestales, agrícolas o pecuarias.
Restaurar zonas con suelos erosionados y/o degradados debido a la deforestación y uso no sustentable de la tierra, mediante obras apropiadas de conservación y restauración de suelos y reforestación, poniendo énfasis en prácticas agronómicas (no mecánicas) y biológicas que mejoren la calidad de los mismos.	El Proyecto asegurará contar con superficie de áreas libres enfocadas al manejo, mejoramiento y conservación de la vegetación original, así como también, realizará medidas de conservación de suelo y contra la pérdida de sedimentos.
Elaborar manuales de técnicas y prácticas exitosas de conservación y restauración de ecosistemas y especies y aplicarlos.	Mediante el Programa de Difusión Ambiental se realizarán todas las medidas enfocadas a la elaboración de manuales y prácticas exitosas para la conservación y restauración de ecosistemas y especies.
Implementar la Estrategia Nacional para la Conservación de los Suelos.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia..

Estrategia	Vinculación
Compensar las superficies forestales pérdidas debido a autorizaciones de cambio de uso del suelo, con acciones de restauración de suelos y reforestaciones en otras áreas.	El Proyecto realizará el rescate de especies florísticas y faunísticas previo a las actividades de desmonte en las zonas de aprovechamiento, así como también prevé actividades de reforestación en zonas determinadas para tal actividad.
Aumentar la superficie con plantaciones forestales comerciales, para recuperar la cobertura forestal en zonas deforestadas, disminuir la presión sobre los bosques nativos e impulsar el mercado nacional de productos forestales.	El Proyecto no realizará actividades forestales. Sin embargo, si plantea contar con áreas libres enfocadas al manejo, mejoramiento y conservación de la vegetación original, así como también actividades de reforestación con especies nativas de la región de acuerdo al ecosistema que marque la caracterización ambiental.
Recuperar áreas degradadas por la actividad de extracción de hidrocarburos o por extracción de materiales de construcción.	Dentro del predio no se ha realizado ninguna de estas actividades referentes a la extracción de hidrocarburos o materiales de construcción; tampoco se plantea el desarrollo de dichas actividades.
Reforestación y revegetación de predios ganaderos apoyados, con el componente PROGAN.	El predio del Proyecto no es ganadero
Elaborar 32 Guías Técnicas Estatales para la reforestación, revegetación y protección de agostaderos y obras y prácticas para el aprovechamiento sustentable del suelo y agua, por el componente PROGAN.	El Proyecto no realizará actividades agropecuarias.
Estrategia 15: aplicación de los productos de la investigación en el sector minero al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables. **Acciones:**	
Generar y aplicar el conocimiento geológico del territorio para promover la inversión en el sector.	El Proyecto no realizará actividades mineras.
Brindar capacitación y asesoría técnica de apoyo a la minería	El Proyecto no realizará actividades mineras.
Apoyar con información y conocimiento geocientífico a instituciones e inversionistas, para impulsar y coadyuvar en la atracción de nuevos capitales hacia la actividad minera, así como para solucionar las demandas sociales en lo relacionado al uso óptimo del suelo y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.	El Proyecto no realizará actividades mineras.
Estrategia 15bis: coordinación entre los sectores minero y ambiental. **Acciones:**	
Desarrollar acciones de colaboración entre el sector minero y las autoridades ambientales, que promuevan el desarrollo sustentable de la industria minera, así como mejorar los mecanismos específicos de gestión y control en las diferentes fases de sus actividades.	El Proyecto no realizará actividades mineras.
Promover la participación de los diversos representantes del sector minero en los	El Proyecto no realizará actividades mineras.

Estrategia	Vinculación
ordenamientos ecológicos regionales o locales que se desarrollen.	
Intensificar acciones de asesoría a los medianos y pequeños mineros, para favorecer mayores niveles de cumplimiento ambiental	El Proyecto no realizará actividades mineras.
Estrategia 19: Fortalecer la confiabilidad y seguridad energética para el suministro de electricidad en el territorio, mediante la diversificación de las fuentes de energía, incrementando la participación de tecnologías limpias, permitiendo de esta forma disminuir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero. **Acciones:**	
Desarrollar en el territorio la planeación a mediano y largo plazo de diversificación de fuentes primarias de energía y elegir la más adecuada de acuerdo con los criterios de desarrollo establecidos en la legislación y la política energética del país.	El Proyecto, a través de su Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad llevará a cabo medidas para un uso eficiente de la energía.
Incluir en la metodología de evaluación técnica, económica y financiera de los Proyectos que se apliquen en el territorio elementos como la emisión de gases de efecto invernadero.	El Proyecto a través de su Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad llevará a cabo medidas para la medición de emisiones de gases de efecto invernadero y aplicará medidas para mitigar los efectos del cambio climático.
Diseñar la implementación de sistemas y dispositivos de alta eficiencia energética, considerando su contribución para mitigar los efectos del cambio climático.	El Proyecto a través de su Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad llevará a cabo medidas para mitigar el efecto del cambio climático y realizará las declaraciones de sus emisiones correspondientes ante las instancias competentes a través de las Cedulas Estatales y Federales.
Estrategia 20: mitigar el incremento en las emisiones de gases efecto invernadero y reducir los efectos del cambio climático, promoviendo las tecnologías limpias de generación eléctrica y facilitando el desarrollo del mercado de bioenergéticos bajo condiciones competitivas, protegiendo la seguridad alimentaria y la sustentabilidad ambiental. **Acciones:**	
Identificar opciones apropiadas para el desarrollo de las energías renovables en el territorio.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Impulsar la instalación de sistemas de calentamiento solar de agua en los programas de vivienda que sean apoyados por el Gobierno Federal.	El Proyecto fomentará el uso de sistemas de calentamiento solar de agua para las viviendas.
Fomentar el uso de energías renovables en instalaciones del sector público y establecer porcentajes mínimos de consumo de energía generada por estos medios.	El Proyecto fomentará el uso de energías renovables.
Identificar, en coordinación, con las Secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales; de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; y de Economía, las acciones apropiadas para el desarrollo de biocombustibles en el territorio.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.

Estrategia	Vinculación
Promover mecanismos que fomenten la igualdad de oportunidades en el acceso a energías renovables y que permitan elevar la calidad de vida.	El Proyecto fomentará el uso de energías renovables.
Implementar líneas de acción, políticas y estrategias establecidas en el Programa Especial de Cambio Climático.	La Promovente toma nota de la presente recomendación y cumplirá con toda la legislación aplicable al con respecto a este tema.
Generar mecanismos para facilitar el acceso a la energía eléctrica para grupos vulnerables o en condiciones de marginación, especialmente para aquellos grupos ubicados en comunidades indígenas, rurales o remotas.	El Proyecto abastecerá de energía eléctrica a todos sus componentes que lo requieran.
Incentivar la captura de carbono mediante el fomento de la reconversión de tierras de uso agrícola hacia cultivos perennes y diversificados.	Dentro del predio no se encontraron zonas con impactos de actividades agropecuarias. Sin embargo, el Proyecto mantendrá áreas libres enfocadas al manejo, mejoramiento y conservación de la vegetación original, mismas que entre otras funciones y servicios ambientales que proporcionarán, funcionarán como zonas de captura de carbono.
Impulsar Proyectos de captura de carbono por labranza y a través de la rehabilitación de terrenos de pastoreo por medio de los programas de fomento ganadero y el PROGAN.	Dentro del predio no se encontraron zonas con impactos de actividades agropecuarias. Sin embargo, el Proyecto mantendrá áreas libres enfocadas al manejo, mejoramiento y conservación de la vegetación original, mismas que entre otras funciones y servicios ambientales que proporcionarán, y funcionarán como zonas de captura de carbono.
Impulsar estudios sobre vulnerabilidad y desarrollo de capacidades locales de respuesta y adaptación al cambio climático.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Fortalecer o establecer el programa de verificación de emisiones contaminantes y de verificación de condiciones físico mecánicas del parque vehicular del autotransporte, en sus distintas modalidades.	Mediante el Programa de Supervisión Ambiental que implementará el Proyecto, se vigilará el cumplimiento y verificación de las condiciones mecánicas de los camiones y vehículos necesarios.
Estrategia 21: rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo. **Acciones:**	
Diversificar y consolidar la oferta turística, a través del desarrollo de productos turísticos en las categorías de sol y playa, turismo de naturaleza, cultural, salud, cruceros, reuniones, deportivo, turismo religioso, urbano, turismo social y otros que se consideren pertinentes de acuerdo a los criterios de la política turística nacional.	El Proyecto en su momento diversificará y consolidará su oferta turística a través del desarrollo de diversos productos turísticos.
Impulsar la integración de circuitos y rutas temáticas y regionales donde se integren las diversas categorías de productos en las categorías de sol y playa, turismo de	La Promovente toma nota de la presente recomendación y fomentará lo mencionado en la presente acción.

Estrategia	Vinculación
naturaleza, cultural, salud, cruceros, reuniones, deportivo, turismo religioso, urbano, turismo social y otros que se consideren pertinentes de acuerdo a los criterios de la política turística nacional.	
Vincular de manera transversal todas las acciones de planeación y desarrollo de oferta competitiva en las instancias de la SECTUR, FONATUR, Consejo de Promoción Turística de México (CPTM) y Centro de Estudios Superiores en Turismo (CESTUR).	La Promovente toma nota de la presente acción y se coordinará con las instancias Federales, Estatales y municipales pertinentes.
Integrar programas, acciones e instrumentos de fomento a la oferta como los programas tecnológicos, de asistencia técnica y financiamiento (MIPyMEs).	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Sistematizar y socializar la información estratégica sobre el desarrollo turístico su evolución, privilegiada y competitividad entre otros.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.
Incorporar criterios ambientales (tales como: sistema de tratamiento de aguas, restauración de cubierta vegetal, manejo y disposición de residuos sólidos, otros) en la autorización de desarrollos turísticos en sitios con aptitud turística.	El Proyecto ejecutará un Sistema Integral del Manejo del Agua, garantizará la conservación de vegetación y la construcción de infraestructura de servicios que incluye un área de acopio temporal de residuos.
Gestionar infraestructura de bajo impacto acorde con el tipo de turismo (de naturaleza, de aventura, rural, de la salud e histórico cultural) y asegurar un mantenimiento periódico.	El Proyecto implementará un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad mediante el cual se supervisará el mantenimiento de la infraestructura y se realizarán monitoreos ambientales para garantizar la conservación de sus recursos naturales.
Estrategia 22: orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional. Acciones:	
Identificar y priorizar inversiones y acciones de política pública con criterios regionales de fortalecimiento y diversificación.	La Promovente estará en contacto con las instancias Federales, Estatales y Municipales para llevar a cabo las acciones de política pública en lo concerniente al Proyecto
Identificar y priorizar inversiones y acciones de política con criterios regionales de impulso a zonas marginadas.	La Promovente estará en contacto con las instancias Federales, Estatales y Municipales para llevar a cabo las acciones de política pública en lo concerniente al Proyecto
Actualizar y ampliar el Programa Agenda 21 para el Turismo Mexicano, mediante la evolución de la metodología de indicadores y el desarrollo de la capacidad de respuesta in situ para el seguimiento, verificación del cumplimiento de metas y su integración a los planes de desarrollo de los destinos turísticos.	A través del Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad que implementará el Proyecto, se llevará a cabo el cumplimiento y seguimiento de todos los planes y programas de desarrollo turístico aplicables, así como el cumplimiento de la normatividad y legislación ambiental.
Promover acciones de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático en los destinos turísticos principalmente en las costas.	Esta acción es dirigida a las autoridades competentes en la materia.

Estrategia	Vinculación
Participar en los programas de investigación, sobre las causas y efectos de los fenómenos naturales, el perfeccionamiento de monitoreo y alertamiento de la población y los turistas en los destinos turísticos más vulnerables del país.	El Proyecto incluye un programa de monitoreo ambiental y un Programa de Seguridad y Atención a contingencias ambientales.
Mejorar los criterios de operación de los Convenios de Coordinación en materia de reasignación de recursos, de manera que se apoyen Proyectos que obedezcan a esquemas de planeación o de prioridades estratégicas regionales.	La Promovente toma nota de la presente acción y coadyuvará con las instancias Federales, Estatales y Municipales de acuerdo a lo mencionado en el presente criterio.
Fomentar que se generen las sinergias con el CPTM y FONATUR, para evaluar y en su caso rediseñar sobre la base de su evolución, cobertura geográfica y desempeño en los mercados, los programas regionales “Centros de Playa”, “Mundo Maya”, “Tesoros Coloniales”, “Ruta de los Dioses”, “Frontera Norte” y “En el Corazón de México”.	La Promovente toma nota de lo mencionado en la presente acción y coadyuvará en todo lo concerniente.
Estrategia 23: sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) – beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional). Acciones:	
Identificar segmentos de mercado nacionales e internacionales no atendidos y/o emergentes, así como sus necesidades de accesibilidad por infraestructuras, equipamientos y de financiamiento al consumo.	La Promovente toma nota de lo mencionado en la presente acción y coadyuvará en todo lo concerniente con el Proyecto.
Cartografiar y monitorear segmentos y nichos de mercado convencionales y especializados; actuales y emergentes.	La Promovente toma nota de lo mencionado en la presente acción y coadyuvará en todo lo concerniente con el Proyecto.
Organizar la investigación de mercados y su socialización para apoyar la toma de decisiones entre entidades públicas, privadas y sociales.	La Promovente toma nota de lo mencionado en la presente acción y coadyuvará en todo lo concerniente con el Proyecto.
Crear mecanismos para ampliar la práctica del turismo en el mercado doméstico.	La Promovente toma nota de lo mencionado en la presente acción y coadyuvará en todo lo concerniente con el Proyecto.
Impulsar programas de turismo para segmentos especializados del turismo doméstico: adultos mayores, jóvenes, estudiantes, discapacitados y otros que se consideren pertinentes.	La Promovente toma nota de lo mencionado en la presente acción y coadyuvará en todo lo concerniente con el Proyecto.

Estrategia	Vinculación
Fomentar programas de financiamiento a la demanda de turismo doméstico, incluyendo equipamiento especializado para la accesibilidad de los discapacitados.	La Promovente toma nota de lo mencionado en la presente acción y coadyuvará en todo lo concerniente con el Proyecto.
Estrategia 27: incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región. Acciones:	
Fomentar y apoyar el establecimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales urbanas y promover el uso de aguas residuales tratadas.	Para el adecuado manejo del Agua, se describe el proceso al final de la presente tabla.
Fomentar el incremento de la cobertura de servicios de agua potable y alcantarillado, induciendo la sostenibilidad de los servicios.	El Proyecto implementará un Sistema Integral de Manejo del Agua, que incluye la potabilización del agua y una red de drenaje interno.
Fomentar la calidad del servicio de agua potable y saneamiento por parte de los municipios con el apoyo de los gobiernos estatales y el gobierno federal.	El Proyecto tendrá la infraestructura necesaria para abastecer de agua potable al complejo, así como también para realizar una buena gestión de las aguas residuales.
Promover la certificación sistemática del personal directivo y técnico de los Organismos Operadores de Agua y Saneamiento.	El Proyecto utilizara tecnología de punta para la gestión de sus aguas, así como personal calificado y especializado.
Promover, en coordinación con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, la creación de sistemas adecuados de disposición de residuos sólidos urbanos.	El Proyecto utilizara tecnología de punta para la gestión de sus residuos sólidos, así como personal calificado y especializado.
Estrategia 30: construir y modernizar la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración inter e intrarregional. Acciones:	
Modernizar los corredores troncales transversales y longitudinales que comunican a las principales ciudades, puertos, fronteras y centros turísticos del territorio.	El Proyecto contempla una red de vialidades primarias y secundarias al interior del predio que darán comunicación a todos los componentes y áreas del mismo.
Llevar a cabo un amplio programa de construcción de libramientos y accesos carreteros a ciudades principales a fin de mejorar la conexión de la infraestructura carretera con la infraestructura urbana.	El Proyecto contempla una red de vialidades primarias y secundarias al interior del predio que darán comunicación a todos los componentes y áreas del mismo.
Intensificar los trabajos de reconstrucción, conservación periódica y rutinaria de la red federal libre de peaje, con el apoyo de sistemas de gestión de conservación a fin de optimizar los recursos y mejorar la calidad de los trabajos.	El Proyecto contempla una red de vialidades primarias y secundarias al interior del predio que darán comunicación a todos los componentes y áreas del mismo.
Construir y modernizar la infraestructura carretera para las comunidades rurales, en especial en las más alejadas de los centros urbanos.	El Proyecto contempla una red de vialidades primarias y secundarias al interior del predio que darán comunicación a todos los componentes y áreas del mismo.
Promover que, en el diseño, construcción y operación de carreteras y caminos, se evite interrumpir corredores biológicos y cauces de ríos, cruzar áreas naturales protegidas, así como, atravesar áreas susceptibles a derrumbes o deslizamientos.	El Proyecto contempla una red de vialidades primarias y secundarias al interior del predio que darán comunicación a todos los componentes y áreas del mismo.

Estrategia	Vinculación
Estrategia 44: impulsar el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil. Acciones:	
Impulsar el desarrollo social, con un enfoque de largo plazo, al reducir las disparidades regionales a través de compensar a las regiones que aún no han sido atendidas.	La Promovente toma nota de lo mencionado en la presente acción y coadyuvará en todo lo concerniente con el Proyecto.
Establecer procesos de planeación regional que generen políticas sectoriales, transversales, de impacto regional acordes con la realidad de cada región; espacios de diálogo entre los actores públicos y privados involucrados para lograr acuerdos de desarrollo regional; y mecanismos que fomenten la colaboración intersecretarial e institucional en materia de desarrollo regional.	La Promovente toma nota de lo mencionado en la presente acción y coadyuvará en todo lo concerniente con el Proyecto.
Fomentar la formulación y aplicación de los programas de ordenamiento ecológico en las costas, estados y municipios que por sus características ambientales resulten de atención prioritaria.	El Proyecto implementará un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad mediante el cual dará cumplimiento a todos lo marcado en los Programas de Ordenamiento del Territorio, la normatividad y legislación aplicables.
Promover que los instrumentos de planeación y gestión del territorio que se pretendan realizar en las diferentes regiones del país sean congruentes con los programas de ordenamiento ecológico vigentes, mediante una adecuada y eficaz coordinación interinstitucional y concertación con la sociedad organizada.	El Proyecto implementará un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad mediante el cual dará cumplimiento a todos lo marcado en los Programas de Ordenamiento del Territorio, la normatividad y legislación aplicables.
Generar sinergia entre los sectores que tienen a cargo otros instrumentos de planeación territorial a fin de complementar e integrar políticas públicas. Tal como puede ser el ordenamiento territorial, integrado con el ordenamiento ecológico. Asimismo, hacer del conocimiento de legisladores e inversionistas estos instrumentos a fin de obtener presupuesto y recursos adicionales.	El Proyecto implementará un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad mediante el cual dará cumplimiento a todos lo marcado en los Programas de Ordenamiento del Territorio, la normatividad y legislación aplicables.

El Proyecto ha sido concebido con plena conciencia del estrés hídrico que afecta a la región, una situación reconocida por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). En esta zona, la precipitación pluvial es insuficiente y la disponibilidad del acuífero es claramente limitada, lo que hace inviable depender de fuentes convencionales de agua dulce. Ante este panorama, se realizaron estudios hidrológicos, hidrogeológicos y oceanográficos que concluyeron que la alternativa más viable para garantizar el suministro de agua potable al proyecto es la desalación de agua de mar mediante toma directa.

Para implementar esta solución, se llevaron a cabo análisis batimétricos, identificando inicialmente seis posibles puntos para la toma y descarga. Tras una evaluación técnica y ambiental, se seleccionaron dos ubicaciones óptimas, ambas situadas fuera del Área

Natural Protegida de Balandra. El punto de descarga está equipado con un tubo instalado a 20.30 metros de profundidad, provisto de difusores que permiten una dispersión controlada de la salmuera. Esta tecnología asegura que la pluma de descarga no exceda un diámetro de 50 metros garantizando una adecuada dilución en el entorno marino.

El sistema de desalación funciona mediante la extracción de agua de mar a través de un sistema de bombeo, que la conduce a tanques de recepción y posteriormente a la Planta de Ósmosis Inversa (POI). En este proceso, del volumen total de agua que se toma del mar, el 45% se convierte en agua potable y se almacena en un módulo de distribución para abastecer al complejo. El 55% restante, correspondiente a salmuera, se dispersa en el mar en el punto previamente descrito. Este volumen tratado ha sido dimensionado para cubrir la demanda diaria del proyecto, incluso bajo condiciones de ocupación total.

Dentro del complejo, el sistema hidráulico interno distingue entre aguas grises y aguas residuales. Las aguas grises se reutilizan directamente para descargas en inodoros, mientras que las aguas residuales se canalizan hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Una vez tratadas, estas aguas se destinan al riego de áreas verdes y zonas de conservación, limpieza de banquetas, descargas sanitarias y otros servicios generales. Además, se contempla la posibilidad de entregar el excedente de aguas tratadas al municipio para el riego de espacios públicos.

3.6.2. Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California.

El Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California (POEM-GC), fue publicado el 15 de diciembre de 2006 en el Diario oficial de la Federación y en términos de lo establecido en el Artículo 20 Bis 6 de la LGEEPA, se podrá expedir y ejecutar en coordinación con las dependencias competentes, los programas de ordenamiento ecológico marino.

El Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California es un instrumento de la política ambiental, a través del cual gobierno y sociedad construyen de manera conjunta un proceso de planeación regional en el que se generan, instrumentan y evalúan las políticas públicas dirigidas a lograr un mejor balance entre las actividades productivas y la protección del ambiente. Bajo este contexto, a lo largo del proceso, se consideraron los intereses y las necesidades de los diferentes actores sociales para establecer, de manera justa, los mecanismos de consenso y negociación regional de desarrollo, bajo un esquema de sustentabilidad.

El presente Ordenamiento se regionalizó en unidades ambientales marinas, definidas como espacios con características similares. Asimismo, por considerar que las actividades que ocurren en la tierra tienen una fuerte influencia sobre el mar, fueron identificadas también las unidades de influencia terrestre, definidas con base en las cuencas hidrológicas y los límites de las entidades federativas. Como resultado de ambas regionalizaciones, se obtuvieron 123 unidades ambientales marinas y 32 unidades de influencia terrestre.

En este sentido, para facilitar la aplicación de acciones en el área de estudio, se generaron 22 Unidades de Gestión Ambiental (UGA) con características homogéneas en términos de los patrones regionales de presión, fragilidad y vulnerabilidad. De éstas, 15 limitan con la costa y se denominan unidad de gestión costera (UGC) y 7 se ubican en medio del océano y se denominan unidad de gestión oceánica (UGO).

El sitio de pretendida ubicación del Proyecto se localiza en Baja California Sur, específicamente en una porción muy pequeña de la unidad de gestión costera 1 (UGC1), en el contexto del presente ordenamiento; esta unidad ambiental costera (UGC) tiene por nombre “Los Cabos – La Paz”, misma que cuenta con las siguientes características

Figura 3.3 Ubicación del Proyecto con respecto a la UGC1 del POEM-GC.

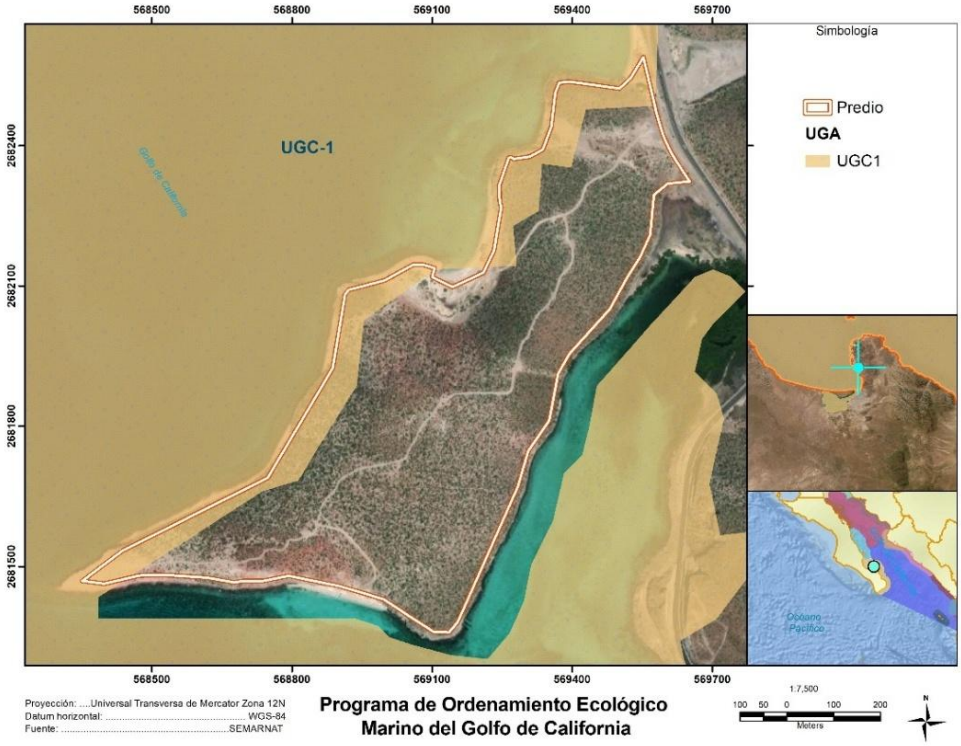


Tabla 3.14 Unidad de Gestión Costera Aplicable al Proyecto

Clave de la Ugc	Ugc1
Nombre	Los Cabos – La Paz
Ubicación	Limita con el litoral del Estado de Baja California Sur que va de Los Cabos al norte de la Bahía de la Paz
Superficie Total	9,851 km^2
Principales Centros de Población	Los Cabos y La Paz

Tabla 3.15 Aptitud sectorial en la UGC1.

Clave ua	Cobertura (%)	Turismo (iatur)		Pesca industrial (iapin)		Pesca ribereña (iaper)		Conservación (icon)	
2.2.2.7.1.6a	7.6	0.975	Alto	0.03	Bajo	0.378	Medio	0.331	Medio

Tabla 3.16 Niveles de interacción sectorial en la UGC1.

Clave ua	Cobertura (%)	Turismo – pesca industrial		Turismo – pesca ribereña		Turismo - conservación		Pesca industrial - conservación		Pesca ribereña - conservación		Pesca ribereña – pesca industrial	
2.2.2.7.1.6a	7.6	0.526	Medio	0.615	Medio	0.7	Alto	0.156	Bajo	0.301	Bajo	0.198	Bajo

Tabla 3.17 Niveles de interacción total en la UGC1

Clave ua	Cobertura (%)	Interacción total	
2.2.2.7.1.6a	7.6	0.417	Medio

Tabla 3.18 Niveles de presión, fragilidad y vulnerabilidad en la UGC1.

Clave ua	Presión	Fragilidad	Vulnerabilidad	
2.2.2.7.1.6a	Medio	Medio	0.44	Medio

Tabla 3.19 Niveles de presión y fragilidad promedio y prioridad a nivel del Golfo de California.

Fragilidad promedio por UGA	Fragilidad promedio normalizada	Clases de fragilidad	Presión promedio por UGA	Presión promedio normalizada	Clases de presión	Prioridad a nivel general del Golfo de California
0.61	0.81	Muy Alto	0.32	0.39	Medio	Prioridad 3

Tabla 3.20 Niveles de presión y fragilidad promedio y prioridad a nivel estatal.

Fragilidad uga	Fragilidad (normalizado)	Clases de fragilidad	Presión uga	Presión (normalizado)	Clases de presión	Prioridad a nivel estatal
0.61	0.99	Muy Alto	0.32	1.00	Muy Alto	Prioridad 1 a nivel estatal en Baja California Sur

Las Unidades de Gestión Ambiental con valores bajos y medios de presión deberán privilegiar un enfoque preventivo que permita mantener los niveles de presión actuales.

Tabla 3.21 Latitudes y longitudes extremas de las unidades de gestión ambiental

Ug	Longitud máxima	Latitud máxima	Longitud mínima	Latitud mínima
UGC1	109°11'47.32"W	24°46'08.66"N	110°44'22.68"W	22°45'10.47"N

En el contexto regional, esta UGC1 presenta un nivel de vulnerabilidad medio, con una fragilidad alta y un nivel de presión terrestres medio, asociado principalmente al desarrollo urbano turístico.

El lineamiento ecológico indicado para esta Unidad de Gestión Ambiental establece lo siguiente:

> *"Las actividades productivas que se lleven a cabo en esta Unidad de Gestión Ambiental deberán desarrollarse de acuerdo con las **acciones generales de sustentabilidad**, con el objeto de mantener los atributos naturales que determinan las aptitudes sectoriales. En esta Unidad se deberá dar un énfasis especial a un enfoque de prevención que permita mantener los niveles de presión actual, la cual está dada por un nivel de presión terrestre medio y por un nivel de presión marina medio."*

En este sentido, se presenta la vinculación con las acciones generales de sustentabilidad, vinculantes y asociadas a la naturaleza del Proyecto:

Tabla 3.22 Acciones generales de sustentabilidad.

2.1 Turismo		
Criterio	**Texto**	**Cumplimiento**
1	La SEMARNAT vigilará que los Proyectos de desarrollo turístico cumplan con los siguientes criterios de sustentabilidad: ●Evitar la afectación de las especies y poblaciones en riesgo y prioritarias para la conservación conforme a la Ley General de Vida Silvestre, así como de sus hábitats; ●Evitar la degradación o destrucción de hábitats y ecosistemas prioritarios como arrecifes, pastos marinos, humedales costeros (principalmente manglares), bahías, esteros, lagunas costeras, islas, dunas costeras, entre otros.	La Promovente del Proyecto se da por enterada del presente criterio y dará todas las facilidades a las instancias correspondientes para la vigilancia del Proyecto. El Proyecto implementará Programas Integrales de Manejo de Vegetación y Fauna, mediante los cuales se les dará un manejo prioritario a las especies con algún tipo de riesgo. El Proyecto no se ubicará sobre ecosistemas prioritarios, sino por el contrario, estos tipos de ecosistemas estarán dentro de las áreas de conservación del Proyecto y que formarán corredores biológicos. Mediante el Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad se asegurará la conservación de estas áreas.
2	La SECTUR en coordinación con la SEMARNAT, los gobiernos de los estados, los gobiernos de los municipios costeros y el sector de turismo, fortalecerá las acciones para la prospección de sitios de mayor aptitud para el desarrollo de la actividad turística, con el mínimo impacto ambiental adverso, que garantice, entre otras: ●Evitar la afectación de las especies y poblaciones en riesgo y prioritarias para la conservación conforme a la Ley General de Vida Silvestre, así como de sus hábitats; ●Evitar la degradación o destrucción de hábitats y ecosistemas prioritarios como arrecifes, pastos marinos, humedales costeros (principalmente manglares), bahías, esteros, lagunas costeras, islas, dunas costeras, entre otros; ●La formulación de propuestas alternativas para la reubicación de Proyectos turísticos, cuando exista evidencia para fundamentar que se van a dañar de manera irreversible los humedales costeros (principalmente manglares) en su estructura y función.	El predio del Proyecto se ubica dentro de zonas de aprovechamiento y desarrollo turístico y residencial marcadas por los ordenamientos actualmente existentes y vigentes en la zona, por lo que el Proyecto cumplirá y estará acorde con todos los criterios ambientales y urbanísticos aplicables. El Proyecto implementará un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad mediante el cual aplica todas las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas e impuestas por la Autoridad Ambiental.
3	La SEMARNAT promoverá que la SECTUR y los gobiernos de los estados, en el marco de sus atribuciones, prioricen y refuercen los apoyos directos o indirectos a los Proyectos turísticos que sean coherentes con los principios del desarrollo sustentable y contribuyan a la mejora de la calidad del medio ambiente.	El predio del Proyecto se ubica dentro de zonas de aprovechamiento y desarrollo turístico y residencial marcadas por los ordenamientos actualmente existentes y vigentes en la zona, por lo que el Proyecto cumplirá y estará acorde con todos los criterios ambientales y urbanísticos aplicables.

2.1 Turismo		
Criterio	**Texto**	**Cumplimiento**
		Se implementará un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad mediante el cual aplica todas las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas e impuestas por la Autoridad Ambiental.
4	Con fundamento en sus atribuciones, la SEMARNAT y la SECTUR coordinarán acciones para asegurar que se reviertan las tendencias de expansión turística cuando exista evidencia para fundamentar que la demanda de bienes y servicios ambientales de éstas sobrepasa la capacidad de carga del ambiente.	Esta actividad es dirigida a las autoridades competentes, sin embargo, como se demuestra en el presente estudio de Evaluación de Impacto Ambiental; el Proyecto es absolutamente congruente con la normatividad vinculante, y es técnicamente viable con base en la capacidad de carga de los ecosistemas presentes.
5	Con fundamento en sus atribuciones, la SEMARNAT, la SAGARPA y la SECTUR, coordinarán acciones para impulsar un plan de colaboración entre los sectores de turismo y conservación que incluya el financiamiento de investigación para la preservación de recursos naturales, el fortalecimiento de los programas de vigilancia y apoyo en la capacitación de servidores turísticos y programas de educación ambiental al público en general, a partir de cuotas de pesca deportiva, entre otros esquemas de financiamiento	Esta actividad es dirigida a las autoridades competentes y organizaciones civiles; por lo que no es vinculante con el promovente del Proyecto
6	Con fundamento en sus atribuciones, la SECTUR, la SEMARNAT, los gobiernos de los estados, los gobiernos de los municipios costeros y el sector de turismo, coordinarán acciones para ordenar la actividad turística, de manera particular en las áreas naturales protegidas, los hábitats críticos para la conservación de la vida silvestre, las áreas de refugio y las zonas protegidas forestales, entre otras.	Se implementará un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad mediante el cual aplica todas las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas e impuestas por la Autoridad Ambiental, destinados al manejo sustentable de los ecosistemas presentes
7	Con fundamento en sus atribuciones, la SECTUR en coordinación con la SEMARNAT, y con la participación de los gobiernos estatales, de los gobiernos de los municipios costeros, del sector turístico y de las organizaciones civiles, seguirá consolidando el Sistema de Indicadores de Sustentabilidad que forma parte del Programa Agenda 21 para el Turismo Sustentable. Este sistema se integrará a la bitácora ambiental para apoyar la toma de decisiones en el Comité de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California.	Si bien esta acción es dirigida a las autoridades competentes y organizaciones civiles, el Proyecto contempla en el SGAS del Capítulo 6 indicadores para el seguimiento de las acciones ambientales.
8	Con fundamento en sus atribuciones, la SECTUR en coordinación con la	Si bien esta acción es dirigida a las autoridades competentes y

2.1 Turismo		
Criterio	**Texto**	**Cumplimiento**
	SEMARNAT, y con la participación de los gobiernos estatales, de los gobiernos de los municipios costeros, del sector turístico y de las organizaciones civiles, deberán promover proyectos de educación ambiental para los prestadores de servicios, usuarios y comunidades en zonas turísticas.	organizaciones civiles, el Proyecto contempla en el SGAS del Capítulo 6 actividades de capacitación y educación ambiental.
9	Con fundamento en sus atribuciones, la SECTUR en coordinación con la SEMARNAT, y con la participación de los gobiernos estatales, de los gobiernos de los municipios costeros, del sector turístico y de las organizaciones civiles, deberán impulsar y participar en la creación de redes de investigación, difusión, información y transferencia de conocimientos en materia de turismo y tecnologías turísticas ambientalmente sustentables.	Esta actividad es dirigida a las autoridades competentes y organizaciones civiles; por lo que no es vinculante con el promovente del Proyecto.
2.7 Medio Ambiente y Recursos Naturales		
2	La SEMARNAT, en el marco de sus atribuciones, garantizará que en la evaluación del impacto ambiental de las obras y/o actividades del sector turístico, acuícola, comunicaciones y transportes, pesquero y demás sectores productivos que incidan en los humedales costeros (principalmente manglares), se establezcan las medidas preventivas, de mitigación y/o restauración procedentes que permitan la continuidad funcional y estructural de estos ecosistemas, así como el mantenimiento de su biodiversidad y productividad.	Si bien esta es una acción dirigida a las autoridades competentes, el Proyecto incorpora de forma integral un Sistema de Manejo Ambiental que incluye, entre sus componentes, la delimitación de áreas de conservación, la instalación de pasos de agua para mantener la conectividad hidrológica con el humedal, y un Programa de Monitoreo del Manglar con indicadores bióticos y abióticos. Asimismo, contempla acciones de restauración de matorral sarcocaule y mantenimiento de la franja de amortiguamiento de 100 m, lo que da plena observancia a las medidas que SEMARNAT debe exigir.
3	La SEMARNAT en el marco de sus atribuciones promoverá la aplicación del enfoque precautorio cuando no se tenga la información suficiente para la adopción de medidas preventivas, de mitigación y restauración que permitan evitar que el proyecto afecte irremediablemente a los humedales costeros (principalmente manglares).	Si bien esta es una acción dirigida a las autoridades competentes, desde su diseño, el Proyecto PLP ha implementado un enfoque precautorio, respaldado por estudios batimétricos, hidrológicos y oceanográficos detallados, y por un Programa de Monitoreo capaz de identificar y corregir en tiempo real cualquier desviación de los parámetros de base. Con ello se anticipan y acotan los riesgos potenciales antes de que se produzcan efectos adversos, lo que ejemplifica el tipo de medidas que la autoridad debe promover.
8	La SEMARNAT, en el marco de sus atribuciones, llevará a cabo las acciones necesarias para evaluar el impacto de las diferentes actividades productivas sobre	Si bien esta es una acción dirigida a las autoridades competentes, el Proyecto aporta a dicha labor gubernamental informes técnicos especializados

2.1 Turismo		
Criterio	**Texto**	**Cumplimiento**
	los humedales costeros (principalmente manglares) en el Golfo de California.	(estudios de dispersión de salmuera, modelaje de corrientes marinas, análisis de cobertura vegetal y calidad del agua) que cubren la totalidad de sus obras marinas y costeras. Estos elementos facilitan y robustecen el proceso de evaluación que la autoridad debe efectuar, suministrando datos precisos y actualizados para la toma de decisiones.

Por su parte, el **apartado 8** de este Programa, establece el **ENFOQUE PRECAUTORIO**, señalando lo siguiente:

> *"El principio precautorio establece que la falta de información no debe ser usada como razón para postergar la definición y aplicación de medidas para prevenir la degradación grave o irreversible de los ecosistemas. Así, para aplicar el principio precautorio en el Golfo de California, las entidades de la Administración Pública Federal se comprometen a las siguientes acciones:*
>
> *1. Con fundamento en sus respectivas atribuciones, la SEMARNAT, la SAGARPA, la SCT y la SECTUR deberán impulsar que en la realización de sus funciones se considere la aplicación del principio precautorio antes referido.*
>
> *2. Con fundamento en sus respectivas atribuciones, la SEMARNAT, la SAGARPA, la SCT y la SECTUR deberán garantizar que se lleve a cabo la evaluación detallada para asegurar que las alteraciones producidas por las actividades humanas se mantengan dentro de límites aceptables y con ello evitar, en la medida de lo posible, daños al ambiente graves o irreversibles.*
>
> *3. Con fundamento en sus respectivas atribuciones, la SEMARNAT, la SAGARPA, la SCT y la SECTUR deberán garantizar que, cuando exista el riesgo de daños graves o irreversibles a los ecosistemas, producto de una actividad humana, la realización de ésta sólo deberá ser permitida si el daño puede ser mitigado o limitado en su extensión y si se genera un beneficio potencial neto para la sociedad derivado de dicha actividad."*

En atención a lo anterior, el Proyecto incorpora de forma anticipada y exhaustiva todas las disposiciones necesarias para dar completa observancia al "Enfoque precautorio" establecido en este POE, de modo que, aun antes de someterse a evaluación, queda demostrado que no existe vacío de información ni posibilidad de daño grave o irreversible al humedal costero con comunidad de manglar.

En primer lugar, el promovente ha obtenido y sustenta su diseño en estudios batimétricos, oceanográficos e hidrológicos de alta resolución que caracterizan con precisión las corrientes, salinidad y geometría submarina de la zona. Con base en esos resultados se eligieron ubicaciones de toma y descarga fuera de la franja de y se diseñaron difusores que garantizan una pluma de dispersión de salmuera menor a 50 m de diámetro a 22 m de profundidad. Estos datos cumplen cabalmente con la exigencia de evaluar detalladamente las alteraciones y comprobar su mantenimiento dentro de límites aceptables, tal como ordena el literal 2 de la Estrategia 8.

En segundo lugar, se implementa un Programa de Monitoreo del Manglar concebido para operar desde el inicio de la obra. Dicho programa contempla muestreos periódicos, además de vigilancia continua de la conectividad hidrológica. Con ello, se satisface de manera estricta la obligación de no posponer medidas por falta de información y de corregir de inmediato cualquier desviación, tal como exige el punto 1 y 3 de la misma estrategia.

Por último, las obras de infraestructura terrestre (vialidades, tanques, planta de ósmosis inversa y PTAR) se diseñaron para evitar la compactación de suelos y preservar íntegro el flujo subterráneo al humedal, mediante taludes recubiertos con vegetación nativa y drenes que permiten el paso libre del agua. De esta manera se protege la dinámica ecológica del ecosistema, garantizando que los servicios ambientales del manglar permanezcan intactos y, en paralelo, se asegura un beneficio social neto: suministro de agua potable y reúso responsable de aguas grises y tratadas.

En conjunto, tanto los estudios previos como las medidas de monitoreo, mitigación, restauración y diseño de las obras prueban que el Proyecto no solo cumple, sino que ejemplifica el “Enfoque precautorio” del presente Ordenamiento, dejándole a SEMARNAT la función de verificar un cumplimiento ya acreditado con datos, protocolos y mecanismos que impiden cualquier daño grave o irreversible al humedal costero con comunidad de manglar.

En conclusión, y como se evidencia de lo anterior, el Proyecto se alinea de manera plena y rigurosa con los objetivos y lineamientos del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California (POEMGO) para la Unidad de Gestión Ambiental Costera 1, subunidad 2.2.2.7.1.8, demostrando su congruencia con cada uno de los criterios de sostenibilidad y prevención establecidos. Es importante hacer énfasis que, la ubicación de las tomas y descargas de la planta desalinizadora se ha seleccionado cuidadosamente fuera de áreas sensibles y de la franja de manglar, asegurando que ninguna obra civil, invada los ecosistemas prioritarios. En este sentido, el Proyecto respeta una franja de protección igual o superior a los 100 m que exigen las Normas Oficiales Mexicanas para la protección de humedales costeros (NOM-022-SEMARNAT-2003), de modo que la integridad física y funcional de la comunidad de manglar permanece intacta.

De acuerdo con el enfoque preventivo que este documento impone ante niveles de presión terrestre y marina catalogados como medios, el Proyecto incorpora estudios batimétricos, oceanográficos e hidrológicos de detalle, cuyos resultados fundamentan la instalación de difusores en el tubo de descarga a 22 m de profundidad. Estos difusores están diseñados para generar una pluma de dispersión máximo de 50 m de diámetro, lo cual garantiza que la salmuera se diluya, sin alterar las condiciones oceanográficas ni la biota local.

La adopción del principio precautorio, mismo que es clave en el objetivo 8 de este instrumento de ordenamiento ecológico, se traduce en un Programa de Monitoreo del Manglar que emplea indicadores bióticos y abióticos, con muestreos y reportes periódicos capaces de identificar cualquier desviación antes de que alcance umbrales críticos. Esta estrategia preventiva complementa las medidas de conservación y restauración de matorral sarcocaule, la señalización de zonas sensibles, el control de emisiones, ruidos y residuos, y el mantenimiento de pasos de agua para asegurar la conectividad hidrológica hacia el humedal.

En términos de calidad de los efluentes y del agua potable, el Proyecto respetará diligentemente los límites máximos de contaminantes para descargas a aguas marinas y

en materia de potabilidad, al tiempo que tramitará las gestiones correspondientes ante la Comisión Nacional del Agua. El diseño interno del complejo separa aguas grises y aguas negras, destina las primeras a descargas sanitarias y riego de áreas verdes, y conduce las segundas a una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que garantiza reúso para riego, servicios de limpieza y potencial donación al municipio.

Finalmente, al amparo del artículo 60 TER de la LGVS, el Proyecto se sostiene como un ejemplo de desarrollo sostenible: no se altera la funcionalidad ecológica del manglar ni del humedal costero, y se adoptan todos los mecanismos técnicos y administrativos para preservar el balance natural. En su conjunto, estas características confirman de manera inequívoca que el Proyecto cumple en forma exhaustiva y congruente con este POEMGO, aportando al mantenimiento de los atributos naturales del Golfo de California y al fortalecimiento de su gestión sostenible.

3.7. PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO MINICIPALES

3.7.1. Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de La Paz Baja California Sur (2018).

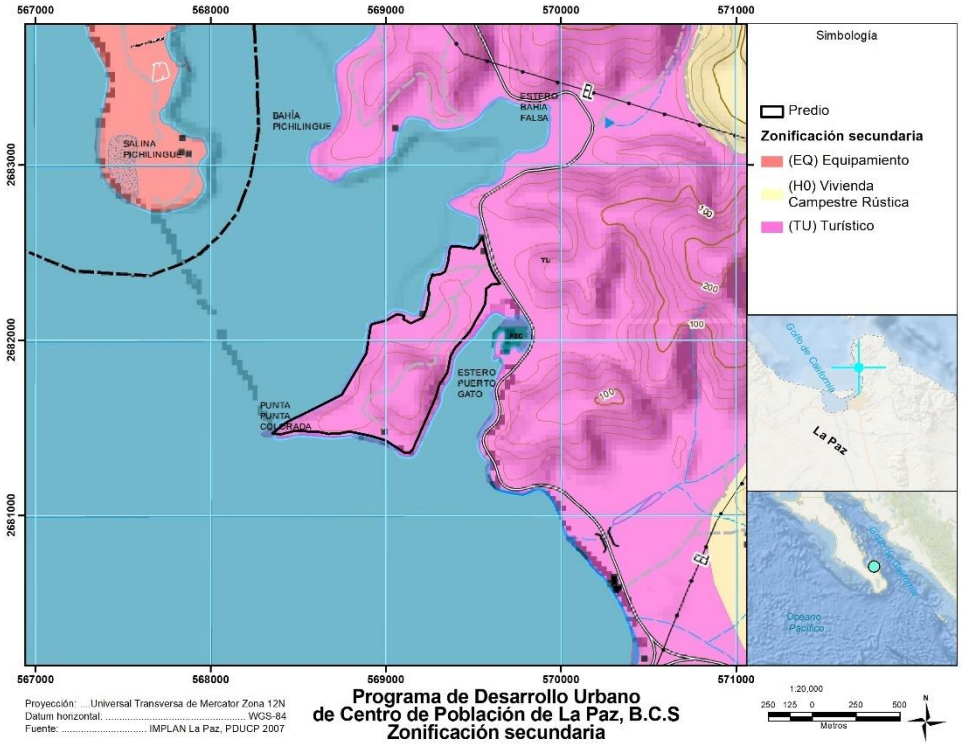
El Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población (PDUCP) de La Paz plantea la necesidad de actualizar el programa vigente para integrar políticas, lineamientos, criterios y disposiciones legales que permitan ordenar y controlar el crecimiento del área urbana. Con ello, se busca promover un desarrollo urbano sustentable.

Como parte de este plan, se llevó a cabo una evaluación territorial enmarcada dentro de la estrategia de planificación del uso de la tierra. A través de esta estrategia, la autoridad municipal orienta la ubicación óptima de la población y sus actividades, el manejo adecuado de los recursos naturales y áreas protegidas, así como el desarrollo de sistemas productivos sostenibles y la recuperación de tierras. La evaluación del uso del territorio se desarrolló en dos procesos fundamentales: la evaluación de la aptitud del suelo y la identificación de conflictos de uso.

La aptitud del territorio se define como la adecuación de un área específica para un uso determinado. Sin embargo, los intereses y valores de los distintos sectores sociales pueden generar conflictos ambientales, especialmente cuando las actividades de un sector ponen en riesgo o limitan el aprovechamiento del territorio por parte de otro actor social. Por lo tanto, la aptitud del suelo es relativa y depende de las necesidades y posibilidades de los actores involucrados. Los análisis de aptitud del uso del suelo deben proporcionar información clave para seleccionar actividades que minimicen los conflictos ambientales intersectoriales.

Para este análisis, la autoridad municipal identificó diversos potenciales de uso, incluyendo la conservación, que abarca las regiones establecidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Asimismo, dentro del desarrollo del PDU, se implementó una estrategia de ordenamiento ecológico, concentrando los esfuerzos en la Unidad de Gestión Ambiental 13, bajo una política de aprovechamiento.

Figura 3.4 Unidad de Gestión Ambiental 13, con política de aprovechamiento



De acuerdo con lo anterior, la política que corresponde al área es de Aprovechamiento y los usos de suelo de acuerdo a la zonificación primaria son los que se desprenden a continuación:

Tabla 3.23. Características de la UGA 13 del PDUCP-LP.

UGA	ESPACIOS NATURALES	TURISMO	AGROPECUARIO	URBANA	INDUSTRIAL
U13	en-2 Área Natural de Conservación	tu-1 Actividades Turísticas	p-3 Sin aprovechamiento agropecuario	u-1 Actividades urbanas	in-2 Sin aprovechamiento industrial

Aprovechamiento

Esta política se aplica en áreas donde actualmente se desarrollan actividades productivas con potencial de crecimiento. Se permite la explotación y el manejo racional de los recursos, tanto renovables como no renovables, garantizando eficiencia y evitando impactos negativos sobre el medio ambiente.

La asignación de las políticas territoriales se establece a partir de la interacción entre la conservación de los sistemas ecológicos, el aprovechamiento del potencial natural y la preservación de los procesos geológicos dentro de los ecosistemas. No obstante, la introducción de factores de presión antropogénica puede afectar la calidad ambiental, independientemente de la estrategia de desarrollo o la definición del uso del suelo.

En este contexto, el polígono destinado a las obras del proyecto **Punta La Paz**, conforme al Programa de Desarrollo Urbano, se encuentra integrado en la **Unidad de Gestión**

Ambiental U13. A continuación, se presenta la vinculación de este proyecto con el marco establecido.

Tabla 3.24. Vinculación del Proyecto con los criterios vinculantes del PDUCP-LP.

CRITERIO	VINCULACIÓN
en-2 Área Natural de Conservación	
Manglares: En primer término, es preciso señalar que el proyecto no contempla la realización de obras o actividades dentro del ecosistema de manglar ni de sus elementos funcionales, y que ha sido diseñado expresamente para respetar y preservar la integridad física, biológica e hidrológica del humedal costero asociado.	
Espacios Naturales, Zonas de conservación	
1. El cambio de uso de suelo en las zonas donde habiten especies endémicas o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en zona urbana, deberá de realizar el manejo y rescate de estas especies en coordinación con la autoridad municipal.	En el área donde se realizarán los trabajos, si durante su ejecución se identifican especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se procederá con su manejo adecuado y rescate. Las áreas verdes del proyecto se conformarán mediante el trasplante de ejemplares de flora rescatados durante la implementación del CUS, además de la incorporación de árboles de diversas especies nativas, conforme al Programa de Reforestación. Asimismo, se garantizará el mantenimiento de los ejemplares existentes que no sean removidos y se establecerá un vivero para su conservación.
2. En zona urbana como en aquellas donde se tenga alguna acción urbanística deberán de emplear en sus programas de áreas verdes especies nativas.	En el polígono donde se llevará a cabo el proyecto, las áreas verdes se conformarán mediante el trasplante de ejemplares de flora rescatados durante la ejecución del CUS, así como la incorporación de árboles de diversas especies nativas, conforme al Programa de Reforestación. Además, se garantizará el mantenimiento de los ejemplares existentes que no sean removidos y se establecerá un vivero para su conservación.
3. Todo proyecto que se realice en áreas con vegetación natural deberá de presentar un programa de manejo que contemple rescate, reubicación, mantenimiento y donación a parques y jardines, áreas verdes públicas y público en general, en coordinación con la autoridad municipal.	En el polígono donde se llevará a cabo el proyecto, las áreas verdes se conformarán mediante el trasplante de ejemplares de flora rescatados durante la ejecución del CUS, así como la incorporación de árboles de diversas especies nativas, conforme al Programa de Reforestación. Además, se garantizará el mantenimiento de los ejemplares existentes que no sean removidos y se establecerá un vivero para su conservación.
4. Los cercados que obstruyan los corredores de fauna silvestre nativa, en su caso se deberá de considerarse obras relativas de paso de fauna que permitan su libre movilidad.	El proyecto no considera la instalación de cercados que puedan generar obstrucción a la fauna silvestre nativa durante la ejecución de los trabajos. En todo el diseño del Proyecto, se consideran pasos que permitan el desplazamiento seguro de la fauna terrestre,

CRITERIO	VINCULACIÓN
	evitando atropellamientos o aislamiento de poblaciones.
5. La intervención y/o modificación de usos de suelo con presencia de humedales naturales y oasis al ser ecosistemas frágiles y de importancia para la conservación, deberán de contar con las autorizaciones federales y estatales que le apliquen.	El polígono donde se llevarán a cabo los trabajos no posee oasis ni humedales, por lo que este criterio no resulta aplicable al caso en cuestión.
6. En Humedales y oasis solo se permitirá el aprovechamiento sustentable de sus recursos florísticos y faunísticos, sin afectar su diversidad; debiendo dar cumplimiento a la normatividad que le aplique de manera previa.	El polígono donde se llevarán a cabo los trabajos no posee oasis ni humedales, por lo que este criterio no resulta aplicable al caso en cuestión.
7. Se prohíbe la introducción o cultivo de especies exóticas en las áreas naturales protegidas o de importancia para la conservación.	El polígono donde se desarrollará el proyecto las áreas verdes se conformará con el trasplante de los ejemplares de flora rescatados en la ejecución del CUS y la colocación de árboles de diversas especies nativas de acuerdo con el Programa de Reforestación, en las áreas verdes del proyecto, así como el mantenimiento de los ejemplares existentes y que no se remuevan aunado al establecimiento de un vivero
8. Para la introducción o cultivo de especies exóticas fuera de las áreas naturales protegidas o de importancia para la conservación deberán de contar con la autorización en materia ambiental expedida por la autoridad competente en la materia.	Los trabajos que se desarrollarán no contemplan la introducción o cultivo de especies exóticas, por lo tanto, el presente criterio no es aplicable al caso en concreto.
9. En zona urbana y sus colindancias, se prohíben los recorridos turísticos que generen impactos ambientales, con excepción de aquéllos que se restringen a la contemplación e interpretación de la naturaleza, acorde al área de influencia del PDUCP.	Los trabajos a realizar no están vinculados con recorridos turísticos. Además, es importante señalar que el área de intervención no se ubica dentro del polígono de zona urbana, conforme al plano de zonificación primaria de La Paz, Baja California Sur. Por lo tanto, este criterio no es aplicable al presente caso.
10. En zona urbana y sus colindancias, la autorización de recorridos organizados por operadores turísticos estará condicionada a la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental que demuestren que tales actividades no generan impactos irreversibles o que deriven en desequilibrios ecológicos y conflictos ambientales.	Los trabajos a desarrollar no están vinculados con recorridos turísticos. Además, es importante señalar que el área de intervención no se encuentra dentro del polígono de zona urbana, conforme al plano de zonificación primaria de La Paz, Baja California Sur; por lo tanto, este criterio no es aplicable al presente caso.
11. Queda prohibido el aprovechamiento extractivo de la vegetación natural y fauna nativa por operadores turísticos y público en general	En ninguna de sus etapas, los trabajos previstos contemplan actividades de aprovechamiento extractivo de vegetación natural ni de fauna nativa por parte de ningún agente.

CRITERIO	VINCULACIÓN
12. Se consiente la instalación de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS) en la modalidad de manejo extensivo para repoblación o contemplación.	El proyecto propuesto no guarda relación con la instalación de UMAS en ninguna modalidad, por lo que este criterio tampoco resulta aplicable al caso en cuestión.
13. Se permite la instalación de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS) en la modalidad de manejo extensivo e intensivo para uso comercial, cinegético, repoblación, recreación y conservación, debiendo cumplir con la normatividad que le aplica de manera previa	El proyecto propuesto no está relacionado con la instalación de UMAS en ninguna modalidad, por lo que este criterio no es aplicable al presente caso.
14. La extracción o utilización de especies cuando se afecte la permanencia de especies endémicas al municipio o las incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001, deberá contar con autorizaciones que le aplican para realizarlas	En el polígono donde se llevará a cabo el proyecto, las áreas verdes se conformarán mediante el trasplante de ejemplares de flora rescatados durante la ejecución del CUS, así como la incorporación de árboles de diversas especies nativas, de acuerdo con el Programa de Reforestación. Además, se garantizará el mantenimiento de los ejemplares existentes que no sean removidos y se establecerá un vivero para su conservación.
15. El cortar, quemar o remover la vegetación natural, aun cuando haya sido alterada o tenga signos de alteración, deberá de contar con autorización correspondiente para realizar dicha acción.	En el polígono donde se llevará a cabo el proyecto, las áreas verdes se conformarán mediante el trasplante de ejemplares de flora rescatados durante la ejecución del CUS, así como la incorporación de árboles de diversas especies nativas, de acuerdo con el Programa de Reforestación. Además, se garantizará el mantenimiento de los ejemplares existentes que no sean removidos y se establecerá un vivero para su conservación.
16. Todo aprovechamiento de flora y fauna nativa en unidades de conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre deberá dar cabal cumplimiento a la normatividad que le aplica.	El proyecto no contempla el aprovechamiento de flora o fauna, por lo que este criterio no aplica.
17. La introducción de especies exóticas de flora y fauna deberá de contar con autorización por la autoridad competente, así como un plan de manejo correspondiente y medidas de control	Las actividades del proyecto no incluyen la introducción de especies exóticas de flora y fauna, por lo que este criterio no es aplicable al presente caso.
18. La comercialización de especies de flora y fauna nativa estará sujeta a contar con las autorizaciones correspondientes y por la autoridad competente.	No se contempla la comercialización de especies de flora y fauna, ya que los trabajos a realizar no guardan relación con dicha actividad. Por lo tanto, este criterio tampoco resulta aplicable.
19. La captura, extracción y cacería de especies de flora y fauna, deberá de contar con	No se prevé la ejecución de actividades vinculadas con la captura, extracción o cacería

CRITERIO	VINCULACIÓN
autorización acorde a las modalidades que dicte la SEMARNAT.	de especies de flora y fauna, razón por la cual este criterio no aplica al caso en cuestión.
20. La extracción, captura o comercialización de especies de flora y fauna, se podrá realizar únicamente con la autorización específica a las Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre.	No se contempla la ejecución de actividades relacionadas con la captura, extracción o cacería de especies de flora y fauna. Por lo tanto, este criterio no es aplicable al caso en cuestión.
21. Las obras que modifiquen el flujo natural del agua, tanto dulce, salobre y marina, así como en manglares y lagunas costeras, deberán de realizarse en apego estricto a la normatividad aplicable, evaluación de impacto ambiental y cambio de uso de suelo de terrenos forestales	Las actividades del proyecto no afectarán negativamente la modificación de los flujos de agua, manglares o lagunas costeras, razón por la cual este criterio no resulta pertinente.
22. Son prohibidas las obras que alteren el flujo y reflujo superficial del agua, así como el movimiento de las especies acuáticas y subacuáticas, salvo se prevea lo contrario a través del cumplimiento de la normatividad y autorización correspondiente.	Las acciones a desarrollar no alterarán el flujo y reflujo del agua ni incidirán en el movimiento de especies acuáticas o subacuáticas. En consecuencia, el criterio en estudio no guarda relación con las actividades previstas.
23. Se prohíbe el aprovechamiento, tala y relleno de manglar, debiendo considerar el contar con las autorizaciones correspondientes en caso de llevarse a cabo.	El proyecto no contempla en ninguna de sus etapas el aprovechamiento, tala o relleno de manglar, dado que los trabajos no tendrán injerencia dentro de dicho ecosistema.
24. Se prohíbe la construcción de caminos sobre zonas de manglar que alteren las condiciones de hidrodinámica, debiendo cumplir con la normatividad que le aplica de manera previa a su realización.	No existe afectación alguna sobre el ecosistema de manglar derivada del proyecto.
25. La descarga de aguas residuales no tratadas, así como la disposición de residuos sólidos en humedales está prohibida, salvo se dé cumplimiento a la normatividad ambiental correspondiente y autorización de la autoridad competente en agua e impacto ambiental.	Las aguas residuales serán descargadas en la red de drenaje y conducidas posteriormente a una planta de tratamiento. La instalación sanitaria se realizará con tubería de PVC en diámetros específicos, siendo las redes de colección principales de 8” de diámetro para su conducción hacia la planta de tratamiento.
26. Se deberán de rehabilitar los canales de comunicación entre los manglares que estén alterados por construcciones, acorde a la normatividad aplicable.	Dado que el proyecto no genera ninguna afectación sobre el ecosistema de manglar, el presente criterio no es aplicable al caso en cuestión.
TURISMO	
1. La capacidad de desarrollos turísticos en sus diferentes modalidades estará sujeta a las densidades que indique el PDUCP de La Paz, debiendo considerar tecnología de eficiencia energética.	El Proyecto propone una densidad de edificación y de habitaciones inferior a la máxima permitida por el PDUCP de La Paz para la Zona de Vocación Turística, garantizando así un turismo de bajo impacto ambiental. Posterior a la presente tabla, se incluye un análisis de los parámetros permitidos comparados con los propuestos, evidenciando el cumplimiento

CRITERIO	VINCULACIÓN
	absoluto del Proyecto, considerando incluso aprovechamientos menores a los permitidos. .
2. Las obras o actividades recreativas en áreas de dunas costeras y humedales deberán de contar con uso de suelo, autorización en materia de impacto ambiental correspondiente y dictamen técnico de ecología municipal.	La presente manifestación de impacto ambiental busca obtener la autorización correspondiente en materia de impacto ambiental y uso de suelo previo. Asimismo, se establece un área de amortiguamiento (buffer) hacia el manglar para preservar su integridad y evitar afectación directa, conforme a lo establecido en la NOM-022-SEMARNAT-2003. Finalmente, y, conforme al alcance de la MIA, se tramitará el dictamen técnico de ecología municipal que asegure el cumplimiento de los requisitos locales, en el momento procesal oportuno.
3. La autorización de obras o acciones en terrenos colindantes a la zona federal marítimo terrestre, quedan condicionadas a la presentación de la delimitación de las dunas costeras o manglares	En la presente manifestación, se encuentra desarrollada y estructurada las delimitaciones con manglar mismo que no entra dentro del polígono del proyecto. Adicionalmente, se prevé una franja de protección hacia la posible duna costera, garantizando el respeto al límite federal y facilitando la posterior validación por la autoridad competente. La delimitación de estos ecosistemas se presenta en el Capítulo 2 de la presente MIA.
4. La construcción de cualquier tipo de infraestructura a menos de 80 metros de distancia de la Zona Federal Marítimo Terrestre deberá de contar con autorización de impacto ambiental y su correspondiente concesión.	La presente manifestación de impacto ambiental busca obtener la autorización correspondiente en materia de impacto ambiental y uso de suelo previo. De manera complementaria, se buscará obtener todas las concesiones correspondientes y necesarias, ante las autoridades competentes.
5. La construcción de edificaciones de más de un nivel cuando se está a una distancia menor a 200 metros de la Zona Federal Marítimo Terrestre será permitida acorde a la zonificación urbana de usos vigente en el PDUCP.	La construcción de edificaciones menores a 200 metros de la Zona Federal Marítimo Terrestre del presente proyecto es acorde a la zonificación urbana de usos vigente en el PDUCP.
6. Las edificaciones con más de 3 niveles de altura que se sitúen a menos de medio kilómetro del litoral deberán de ser acorde a lo que indique el PDCUP La Paz, las áreas permitidas deberá de cumplir con la conservación del paisaje y la posibilidad de reubicación y/o donación de individuos vegetales.	El Proyecto no contempla elevaciones superiores a 12 m, por lo que se ajusta plenamente al límite máximo del PDUCP (6 niveles o 21 metros). Se garantiza la conservación del paisaje costero.
7. Todo desarrollo que colinden con playa y zona federal deberá de dejar acceso a la zona federal marítimo terrestre acorde a la normativa correspondiente, debiendo considerar al menos cada kilómetro entre cada acceso fuera de centros de población y cada 400 metros dentro	Una vez obtenida la autorización correspondiente en materia de uso de suelo y zona federal marítimo-terrestre, el Proyecto llevará a cabo todas las gestiones necesarias para dejar formalmente establecidos los accesos a la ZOFEMAT conforme a la

CRITERIO	VINCULACIÓN
de los centros de población. El trazo deberá realizarse por el Ayuntamiento en coordinación con SEMARNAT.	normativa. Dichas gestiones incluirán la coordinación estrecha con el Ayuntamiento de La Paz y la SEMARNAT, a fin de definir el trazo definitivo y garantizar el cumplimiento cabal de este requisito urbanístico.
8. En el contexto del PDUCP-La Paz, los accesos a la ZOFEMAT deberán de contar con servicios básicos (estacionamiento, baños, sanitarios, manejo de residuos no peligrosos y tratamiento de aguas residuales).	El presente criterio no es aplicable a la promovente debido a que el proyecto en su totalidad se desarrollará en propiedad privada. Ahora bien, como se señala en el punto anterior, una vez aprobado el proyecto, se colaborará con el municipio para dar cumplimiento a cualquier regulación en la materia.
9. La construcción de infraestructura hotelera, residencial, comercial, turística, o industrial en los accesos a varaderos y campamentos pesqueros será acorde a los usos de suelo definidos y compatibles, así como el contar con dictamen técnico de ecología y de planeación y regulación urbana	El proyecto en comento no se localiza cerca de varadero no campamentos pesqueros. Cabe resaltar que se apegara al uso de suelo definido por el presente ordenamiento.
10. La disposición inadecuada de residuos sólidos, líquidos y derivados de la pesca en la playa y zona costera, será sancionada acorde a la normatividad aplicable, siendo ejecutada por la autoridad municipal y federal.	Los trabajos no contemplan actividades de pesca por lo tanto el presente criterio no es vinculante.
11. Los desarrollos turísticos se establecerán únicamente en los usos de suelo que permitan esta modalidad y acorde al Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de La Paz, B.C.S. En apego a las factibilidades de uso de suelo y servicios.	La presente manifestación de impacto ambiental busca obtener la autorización correspondiente en materia de impacto ambiental, demostrando congruencia con este instrumento.
12. Toda autorización de nuevos desarrollos turísticos e inmobiliarios deberán de considerar el drenaje pluvial hasta el punto de descarga autorizado, debiendo tomar en cuenta periodos de retorno para diseño de al menos 50 años.	El Proyecto incorpora un diseño de ingeniería hidráulica para aguas pluviales que permite el escurrimiento superficial sobre las vialidades hacia las estructuras (cunetas, contracunetas y lavaderos) y, finalmente, a los cauces naturales. .
13. No se permite la a construcción de equipamiento turístico en zonas no aptas para su desarrollo, así como aquellos que contravengan los usos de suelo permitidos en el PDUCP.	El polígono donde se desarrollarán los trabajos se encuentra en la Zona de vocación Turística, así como para expansión territorial de uso urbano acorde a la regulación urbana y al PDUCP-La Paz.
14. El uso de suelo y las densidades definidas en el PDUCP- La Paz, definirá la capacidad de cuartos de hotel o su equivalente en residencias, quedando condicionado a obtención de la autorización de uso de suelo y dar cumplimiento al uso eficiente del agua, estudio de impacto urbano, social, ambiental y vial.	El polígono donde se desarrollarán los trabajos se encuentra en la Zona de vocación Turística, así como para expansión territorial de uso urbano acorde a la regulación urbana y al PDUCP-La Paz; contemplando una densidad proyectada inferior a la máxima permitida. Posterior a la presente tabla, se incluye un análisis de los parámetros permitidos

CRITERIO	VINCULACIÓN
	comparados con los propuestos, evidenciando el cumplimiento absoluto del Proyecto, considerando incluso aprovechamientos menores a los permitidos.
15. La construcción de infraestructura a menos de 100 metros de distancia de zonas bajas sujetas de inundación y manglares, deberán de contar con autorización en primera instancia y uso de suelo, así como autorización de las autoridades competentes de nivel federal en materia ambiental y agua.	La presente manifestación de impacto ambiental busca obtener la autorización correspondiente en materia de impacto ambiental. Asimismo, se mantiene un buffer mínimo de 100 m respecto a los manglares identificados, por lo que las obras no se ubican dentro de esa franja, en atención a lo estipulado por la NOM-022-SEMARNAT-2003.
16. La construcción de infraestructura en terrenos que colinden con zonas de manglar o que tengan más del 20% de pendiente, deberán de contar con autorización de uso de suelo, y dar cumplimiento a lo indicado en la norma oficial mexicana y a la ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente.	La presente manifestación de impacto ambiental busca obtener la autorización correspondiente en materia de impacto ambiental. De manera paralela, se gestionará la autorización en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.
17. En la planeación de equipamiento urbano y áreas recreativas, el ayuntamiento deberá proponer como acciones a corto plazo un plan de creación de balnearios públicos.	Las actividades que integran el proyecto no tienen relación alguna con la planeación de equipamiento urbano ni áreas recreativas, ya que esas son actividades que se encuentran dentro de las facultades de la administración pública municipal, motivo por el cual no son aplicables al caso en concreto.
18. Toda obra y acciones con frente de playa queda condicionada a la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental que demuestren que dicho desarrollo no tendrá impactos irreversibles sobre los procesos dinámicos de las dunas costeras que deriven en conflictos ambientales y desequilibrios ecológicos.	La presente manifestación de impacto ambiental busca obtener la autorización correspondiente en materia de impacto ambiental.
19. La autorización toda de obras y acciones con frente de playa queda condicionada a la presentación de la delimitación de las dunas costeras	El diseño, construcción y desarrollo del proyecto respetará la duna costera.
Urbano	
1. El establecimiento de asentamientos humanos en zonas con riesgo de inundación o de arrastre de sedimentos por efectos hidrometeorológicos, deberán de estar dictaminados de manera previa acorde al uso de suelo en el contexto del PDUCP y emisión de opinión de Protección Civil y CONAGUA.	El polígono destinado a los trabajos se encuentra en una zona de vocación turística y de expansión territorial para uso urbano, conforme a la regulación urbana y al PDUCP-La Paz. Además, no está ubicado en una zona de riesgo.
2. Se prohíbe la instalación de viviendas en zonas que no cuenten con los servicios de drenaje, tratamiento de aguas residuales, recolección de residuos sólidos y	El proyecto garantizará la dotación de servicios básicos para los usuarios, como se describe a largo de los Capítulos 2, 3 y 6 de esta MIA-R.

CRITERIO	VINCULACIÓN
abastecimiento de agua potable y todos estos previo a su construcción deberán de contar de manera previa con la factibilidad emitida por autoridad correspondiente de dichos servicios.	
3. La instalación de infraestructura para la operación de actividades acuícolas cercanos a los poblados deberá de estar en cumplimiento y apego a lineamientos que le aplican a esta actividad y acorde al PDUCP.	No se contempla la instalación de infraestructura para actividades acuícolas, por lo que este criterio no es vinculante al caso en cuestión.
4. El uso de suelo, y sus densidades definirán el número total de viviendas acorde al Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de La Paz, B.C.S.	El área donde se desarrollarán los trabajos pertenece a la zona de vocación turística y expansión territorial de uso urbano, acorde a la normativa establecida en el PDUCP-La Paz. En este sentido, el Proyecto considera una densidad menor a la permitida para este uso de suelo, lo que reduce la presión sobre la infraestructura y armoniza con el entorno costero. La vinculación con parámetros, incluyendo densidad, se presenta más adelantes en esta sección.
5. La densidad de viviendas, COS, CUS y el número de niveles estará determinada por el uso de suelo definido en el Programa De Desarrollo Urbano del Centro de Población de La Paz, B.C.S.	El polígono en el que se ejecutarán los trabajos se encuentra en una zona destinada a la vocación turística y expansión territorial urbana, conforme a la regulación urbana y el PDUCP-La Paz. De esta forma, el Proyecto respeta los parámetros de COS, CAS y CUS; así como el número de niveles o altura, definidos en el PDUCP-La Paz. La vinculación con parámetros, incluyendo COS, CAS, CUS y alturas; se presenta más adelantes en esta sección.
6. El Desarrollador será el responsable de suministrar los servicios públicos que demanda su proyecto como son Agua potable, saneamiento, energía y manejo de los residuos sólidos, en los casos en que aplique.	El proyecto incluye la construcción de redes propias de infraestructura, como el sistema hidrosanitario (agua potable y drenaje), sistema de comunicación y distribución de energía eléctrica a todos los puntos del Desarrollo que lo requieran.
7. Todo proyecto de desarrollo en el contexto del PDUCP, es obligatoria el manejo, separación y el uso del drenaje de aguas pluviales y residuales.	Se establece una red de drenaje pluvial independiente de la de aguas negras y residuales, equipada con trampas de grasa en puntos críticos. El sistema permite luego el libre escurrimiento superficial e infiltración controlada, conforme a las normas de diseño hidráulico aplicables.
8. Los asentamientos humanos ya sean temporales o permanentes definido fuera del área urbana queda sujeto a Plan Maestro y/o programas parciales de desarrollo y/o de impacto urbano, vial y de servicios las licencias, permisos y requerimientos con la autoridad competente.	El área de desarrollo del proyecto está ubicada dentro de una zona de vocación turística y expansión urbana, en cumplimiento con la regulación urbana y el PDUCP-La Paz.

Con fundamento en los criterios de interpretación sistemática, armónica y funcional del marco jurídico ambiental, y en estricta observancia del contenido y objetivos del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de La Paz (PDUCPLP), se sostiene que el Proyecto sí cumple cabalmente con las disposiciones aplicables relativas a la política especial de protección del manglar y al régimen de accesos públicos a la zona federal marítimo terrestre (ZOFEMAT), previstas en dicho instrumento de ordenamiento, como se demuestra a continuación:

3.7.1.1. Política Especial de Protección de Mangle

En primer término, es preciso señalar que el proyecto no contempla la realización de obras o actividades dentro del ecosistema de manglar ni de sus elementos funcionales, y que ha sido diseñado expresamente para respetar y preservar la integridad física, biológica e hidrológica del humedal costero asociado. En este sentido, se considera que este PDU establece lo siguiente:

> *"Para el manejo del mangle se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:*
>
> *• Respeto absoluto del ecosistema*
>
> *• No se permiten los cambios de uso del suelo*
>
> *• No se permiten desarrollos turístico inmobiliarios o de alguna otra índole.*
>
> *• Toda obra de canalización, interrupción de flujo o desvió de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros, quedará prohibida, excepto en los casos en los que las obras descritas sean diseñadas para restaurar la circulación y así promover la regeneración del humedal costero.*
>
> *• El establecimiento de infraestructura marina fija (diques, rompeolas, muelles, marinas y bordes) o cualquier otra obra que gane terreno a la unidad hidrológica en zonas de manglar queda prohibida excepto cuando tenga por objeto el mantenimiento o restauración de ésta.*
>
> *• Cualquier borde colindante con el manglar deberá evitar bloquear el flujo natural del agua hacia el humedal costero*
>
> *• Se debe evitar la degradación de los humedales costeros por contaminación y asolvamiento*
>
> *• Se prohíbe la descarga de aguas residuales a los humedales que no cumplan con las normas establecidas para evitar deterioro al mangle.*
>
> *• El permiso de vertimiento de aguas residuales a la unidad hidrológica debe ser solicitado directamente a la autoridad competente, quien le fijará las condiciones de calidad de la descarga y el monitoreo que deberá realizarse.*
>
> *• La extracción de agua subterránea por bombeo en áreas colindantes a un mangle debe de garantizar el balance hidrológico en el cuerpo de agua y la vegetación, evitando la instrucción de la cuña salina en el acuífero.*

• Se debe evitar la introducción de ejemplares o poblaciones que se puedan tornar perjudiciales

• La construcción de vías de comunicación aledañas, colindantes o paralelas al flujo del humedal costero, deberá incluir drenes y alcantarillas que permitan el libre flujo del agua y de luz. Se deberá dejar una franja de protección de 100 m (cien metros) como mínimo la cual se medirá a partir del límite del derecho de vía al límite de la comunidad vegetal, y los taludes recubiertos con vegetación nativa que garantice su estabilidad.

• Se prohíbe la instalación de postes, ductos torres y/o líneas que ocasionen daños de cualquier índole al mangle.

• Queda prohibido el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal cotero, para ser transformado en potreros, rellenos sanitarios, asentamientos humanos, bordos o cualquier otra obra que implique pérdida de vegetación.

• Queda prohibida la ubicación de zonas de tiro o disposición de material de dragado dentro del mangle, y en sitios en la unidad hidrológica donde haya el riesgo de obstrucción de los flujos de escurrimientos y mareas.

• Queda prohibida la disposición de residuos sólidos en humedales costeros

• Queda prohibida la instalación de granjas camaronícolas industriales intensivas o semintensivas en zonas de manglar y lagunas costeras, y queda limitado a zonas de marismas y a terrenos elevados sin vegetación primaria

• El turismo educativo, ecoturismo y observación de aves en el humedal costero deberán llevarse a cabo a través de veredas flotantes, evitando la compactación del sustrato y el potencial de riesgo de disturbio a zonas de anidación de aves, tortugas y otras especies.

• Se debe evitar la compactación del sedimento en marismas y humedales costeros como resultado del paso de ganado, personas, vehículos y otros factores antropogénicos.

• Se darás preferencia a las obras y actividades que tiendan a restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre.

• Se deberá restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre

• Se deberá favorecer y propiciar la regeneración natural de la unidad hidrológica, comunidad vegetales y animales mediante el restablecimiento de la dinámica hidrológica y flujos hídricos continentales (ríos de superficie y subterráneos, arroyos permanentes y temporales, escurrimientos terrestres laminares, aportes del manto

freático), la eliminación del vertimiento de aguas residuales y sin tratamiento protegiendo las áreas que presenten potencial para ello.

• La restauración de humedales costeros con zonas de manglar deberá utilizar el mayor número de especies nativas dominantes en el área a ser restaurada, tomando en cuenta la estructura y composición de la comunidad vegetal local, los suelos, hidrología y las condiciones del ecosistema donde se encuentre.

• Queda estrictamente prohibido introducir especies exóticas para las actividades de restauración de los humedales Costeros."

Con base en lo anterior, es importante manifestar lo siguiente:

- **No se realiza remoción, trasplante, relleno ni poda de vegetación de manglar** ni en el predio ni en su periferia;

- **Se establece una franja de amortiguamiento superior a los 100 metros** respecto a los límites del ecosistema de manglar, conforme a lo establecido en el numeral 4.16 de la NOM-022-SEMARNAT-2003 y al propio PDUCPLP;

- **Se asegura la continuidad del flujo hidrológico superficial y subterráneo**, a través de medidas específicas de conservación y manejo, incluyendo la instalación de pasos hidráulicos, señalización de zonas sensibles, protección del suelo, y diseño de vialidades que no alteran el escurrimiento ni la infiltración natural;

- **No se contempla extracción de agua subterránea ni modificación de barras, canales, cauces o flujos hídricos naturales**, lo cual excluye toda afectación a la base física que sustenta la existencia y funcionalidad del manglar;

- **Las descargas de salmuera no se realizan en cuerpos de agua o zonas de influencia del manglar**, sino en un punto marino de alta profundidad, fuera del ANP Balandra y sin conectividad directa con el sistema hidrológico del humedal, conforme al estudio batimétrico y oceanográfico realizado.

Cabe reiterar que las actividades de desalación de agua de mar y descarga de salmuera se efectúan mediante infraestructura localizada fuera de los ecosistemas sensibles, y cuentan con diseño técnico que garantiza una pluma de dispersión contenida dentro de un radio de 50 metros, evitando impactos acumulativos o sinérgicos con otras descargas, y cumpliendo plenamente con la NOM-001-SEMARNAT-2021.

Asimismo, el proyecto prevé la implementación de un Programa de Monitoreo del Manglar, como medida compensatoria anticipada, que incluirá el seguimiento estructural y funcional de las comunidades vegetales, la dinámica hídrica y las condiciones de calidad ambiental, conforme a indicadores específicos derivados de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Convención RAMSAR.

En consecuencia, no existe base técnica ni jurídica que permita afirmar que el proyecto pone en riesgo la integridad del manglar, ni mucho menos que contravenga lo dispuesto en el artículo 60 TER de la LGVS, o en la política de protección especial que establece el PDUCPLP para la UGA U13. Por el contrario, el Proyecto consolida un modelo de desarrollo plenamente compatible con la conservación del ecosistema de manglar, excluyendo toda

intervención sobre este y garantizando la no afectación de sus procesos ecológicos esenciales.

3.7.1.2. Zona Federal

Por otra parte, este PDU define lo siguiente:

> *"**Zonas federales:** Establecidas para mantener y mejorar el acceso a las playas en donde los propietarios de los predios contiguos al acceso y a la Zona Federal Marítimo Terrestre, juntamente con las autoridades locales proporcionaran accesos públicos a las playas que sean francos, amplios y suficientes entre 8 y 13 metros de sección, así como estacionamiento proporcional al uso e importancia de cada playa."*

En lo que corresponde al cumplimiento del criterio que establece que los predios colindantes a ZOFEMAT deberán prever accesos públicos francos, amplios y suficientes, con dimensiones entre 8 y 13 metros y estacionamiento proporcional, se aclara lo siguiente:

El Proyecto reconoce en su diseño la necesidad de habilitar accesos públicos a la playa conforme a la legislación y planeación urbana aplicable. No obstante, la determinación exacta de la ubicación georreferenciada, características técnicas y dotación de estacionamiento, **depende de la coordinación y validación por parte del Ayuntamiento**, en conjunto con la Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre de la SEMARNAT, conforme al propio texto del PDUCPLP, que establece que "el trazo deberá realizarse por el Ayuntamiento en coordinación con SEMARNAT".

En virtud de lo anterior, la definición final de estos elementos es jurídicamente improcedente en esta etapa procesal y será objeto de las gestiones correspondientes una vez que el proyecto obtenga la autorización en materia de impacto ambiental. Es decir, el promovente no elude a esta obligación, sino que procede conforme a las etapas y competencias legales de cada autoridad, respetando los tiempos y procedimientos para la planeación urbana coordinada.

3.7.1.3. Compatibilidad

Por lo que respecta a las condiciones señaladas en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de La Paz (PDUCPLP) en materia de compatibilidad de usos del suelo, particularmente aquellas relacionadas con la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), la presentación de estudios hidrológicos y las autorizaciones de la CONAGUA, resulta jurídicamente improcedente que tales requerimientos sean utilizados como motivo de negativa dentro de un procedimiento de evaluación de impacto ambiental.

En primer lugar, debe enfatizarse que la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) tiene por objeto exclusivo, conforme al artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), evaluar la viabilidad ambiental de las obras y actividades sujetas a autorización federal, no siendo su finalidad la verificación del cumplimiento de requisitos en materia urbana, de ordenamiento territorial o de autorizaciones sectoriales que corresponden a otros procedimientos y autoridades conforme al marco jurídico aplicable.

Así, si bien es cierto que el PDUCPLP establece condicionantes generales de compatibilidad de uso de suelo (como contar con autorización del INAH, estudio hidrológico

o resolutivos de CONAGUA), también lo es que dichas condiciones deben cumplirse conforme a los momentos y etapas procedimentales establecidos por cada autoridad competente, y en ningún caso son prerrequisitos o condicionantes para la emisión de la autorización ambiental en términos del procedimiento previsto por los artículos 30 a 35 de la LGEEPA.

En este sentido, se aclara lo siguiente:

1. Autorización del INAH: Si bien el promovente reconoce que el predio se encuentra en una región con potencial arqueológico, el trámite ante el INAH es autónomo y distinto al procedimiento ambiental, y su resolución se emitirá conforme a la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos. Además, como se ha sostenido jurisprudencialmente, la falta de esta autorización no impide la evaluación ambiental, la cual es previa y orientadora de los demás trámites. Sin que sea óbice delo anterior, y como se demuestra en el ANEXO 3.1, con fundamento en los artículos 42, 43 y 44 de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos; se comenzaron las gestiones necesarias para dar el Visto bueno de obra en áreas de monumentos arqueológicos o en que se presuma su existencia (trámite INAH-05-001).

2. Estudio hidrológico y autorizaciones de CONAGUA: Se reitera que el Proyecto ha sido concebido con base en estudios técnicos que identifican el estrés hídrico de la región y proponen como solución la desalación de agua de mar mediante toma directa, sin afectación al acuífero. No obstante, las autorizaciones correspondientes a derechos de extracción, vertimiento y ocupación de zona federal marítimo terrestre deben tramitarse ante CONAGUA de manera independiente y en la etapa que legalmente corresponda. Su ausencia no impide la evaluación de impacto ambiental, sino que será condición para la ejecución del proyecto, conforme al principio de legalidad y responsabilidad del promovente.

3. Normas Oficiales Mexicanas (NOMs): El cumplimiento con estas Normas se presenta en el apartado correspondiente de este Capítulo.

En consecuencia, debe señalarse con toda claridad que los aspectos relativos a compatibilidad urbana, autorizaciones sectoriales y cumplimiento con otros instrumentos normativos y administrativos son materias distintas, no evaluables ni resolubles en la autorización ambiental. Su cumplimiento será responsabilidad exclusiva del promovente en el curso de la ejecución del proyecto, y bajo vigilancia de las autoridades competentes en cada materia.

En virtud de lo anterior, y conforme al principio de competencia administrativa, así como al *principio pro persona* y de interpretación funcional de los actos administrativos, la evaluación del proyecto debe limitarse a los impactos ambientales identificados, valorados y previstos en la MIA; mientras que los demás requisitos señalados por el PDUCPLP deberán ser atendidos en el momento procesal correspondiente, una vez obtenida la resolución ambiental favorable, sin perjuicio de las obligaciones que el promovente asuma frente a las demás autoridades competentes.

3.7.1.4. Parámetros urbanos

Finalmente, y como se demuestra en la tabla de vinculación de la Unidad de Gestión Ambiental 13 del Programa de Desarrollo Urbano de La Paz, con las actividades que serán ejecutadas, se prevé que ninguna se contraponga con los criterios que le son aplicables, por lo cual no se pronostica impedimento alguno de acuerdo con este Programa para la ejecución efectiva del proyecto puesto a análisis.

El Proyecto, ubicado sobre una superficie de 52.36 hectáreas dentro de la zonificación secundaria del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de La Paz (PDUCP-La Paz 2018), se clasifica bajo el **uso de suelo Turístico (TU)**. Dicho uso contempla, como parámetros urbanísticos:

I. La densidad máxima será de 52 cuartos por hectárea.
II. La superficie mínima de lote será de 5,000.00 metros cuadrados.
III. El frente mínimo de lote será de 50.00 metros lineales.
IV. El C.O.S. no será mayor del 0.40 de la superficie total del lote.
V. El C.U.S. no deberá exceder el 2.40 de la superficie total del lote.
VI. El C.A.S. no será menor a 0.60 de la superficie total del lote.
VII. La altura máxima de las edificaciones no deberá exceder 6 niveles o 21.00 metros a partir del nivel máximo del terreno natural, con respecto a la edificación.

Como se señala en la tabla de vinculación, la presente propuesta incorpora **200 cuartos hoteleros y 215 viviendas unifamiliares**, distribuidos de tal manera que el C.O.S. proyectado asciende a 16.82 hectáreas (equivalente al 0.321 del total del predio), el C.A.S. a 35.23 hectáreas (0.673 del lote) y no se contempla C.U.S. adicional, puesto que las vialidades y áreas de circulación se estiman como obra civil sin construcción edificada.

Adicionalmente, la **“Tabla 125. Compatibilidad de usos y destinos del suelo”** de este PUDCP-LP, reconoce la **compatibilidad del uso TU con desarrollos habitacionales de 51 a 250 viviendas**, siempre que se cumplan las condicionantes del Reglamento de Imagen Urbana del municipio de La Paz, la factibilidad de servicios e infraestructura, y el estudio de Impacto Urbano. Todos estos requerimientos, conforme a la normatividad vigente, serán satisfechos y gestionados tras la obtención de la autorización en materia de Impacto Ambiental que corresponda.

Por otra parte, al considerar que el uso habitacional debe regirse por los lineamientos para “H6 Vivienda Residencial Turística” (al ser de naturaleza turística), cabe señalar que aplican los siguientes parámetros:

I. La densidad máxima será de 13 viviendas por hectárea.
II. La superficie mínima de lote será de 500.00 metros cuadrados.
III. El frente mínimo de lote será de 20.00 metros lineales.
IV. El C.O.S. no será mayor del 0.40 de la superficie total del lote.
V. El C.U.S. no deberá exceder el 2.40 de la superficie total del lote.
VI. El C.A.S. no será menor a 0.60 de la superficie total del lote.
VII. La altura máxima de las edificaciones no deberá exceder 6 niveles o 21.00 metros a partir del nivel máximo del terreno natural, con respecto a la edificación.

De esta forma, estos parámetros coinciden en todos sus aspectos con los establecidos para el uso TU, a **excepción de la densidad**. Bajo tal tesitura, el cálculo de densidades demuestra el estricto cumplimiento de ambos estándares:

Si bien en el PDUCP-La Paz se establecen dos maneras de medir densidad: un máximo de 52 cuartos por hectárea para desarrollos turísticos y, de forma paralela, un máximo de 13 viviendas por hectárea para fraccionamientos de tipo residencial turístico; dado que 52 dividido entre 13 arroja exactamente 4, **se deduce de manera lógica que cada vivienda equivale, a efectos de densidad, a 4 cuartos hoteleros**.

Aplicando esta equivalencia al Proyecto, resulta que las 215 viviendas proyectadas generan un total de 860 cuartos equivalentes (215 x 4), a los que se suman los 200 cuartos hoteleros contemplados originalmente, **alcanzando así 1 060 cuartos**. Al repartir esta cifra sobre las 52.36 hectáreas del predio, que **permite 2,722.72 cuartos**; la densidad propuesta **se sitúa muy por debajo del límite** de 52 cuartos/ha que el PDUCP establece para uso Turístico.

De igual manera, mantiene el debido alineamiento con el parámetro de 13 viviendas/ha, pues la conversión de viviendas a cuartos se ha calculado de modo congruente con ambos estándares. Con ello, se demuestra de manera clara y transparente que la densidad combinada de cuartos hoteleros y vivienda no sólo cumple, sino que respeta holgadamente el umbral normativo, dejando en evidencia la total viabilidad urbanística del Proyecto

Asimismo, se presenta el siguiente análisis respecto a los parámetros urbanos permitidos y propuestos para el proyecto:

Tabla 3.25. Parámetros Urbanos del Proyecto.

PARÁMETROS APLICABLES			
Parámetro	**Superficie (ha)**	**Máximo permisible (Factor)**	**Máximo permisible (Superficie)**
Densidad	52.36 ha	52 cuartos / ha	2,722.72 cuartos
COS		0.40	20.94 ha
CUS		2.40	125.66 ha
CAS		0.60	31.42 ha
Altura	-	6 niveles o 21.00 metros	
PARÁMETROS PROPUESTOS			
Parámetro	**Superficie (ha)**	**Máximo permisible (Superficie)**	**Máximo permisible (Superficie)**
Densidad	52.36 ha	2,722.72 cuartos	200 cuartos hoteleros y 215 viviendas, equivalente a 1,060 cuartos totales
COS		20.94 ha	16.82 ha
CUS		125.66 ha	-
CAS		31.42 ha	35.23
Altura	-	6 niveles o 21 metros	Se considera un máximo de 12 metros

3.8. DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Las prácticas de conservación y la contribución al desarrollo sustentable de este territorio tan complejo y extenso, requiere de la unión de conocimientos, fuerzas y recursos de los diferentes niveles de gobierno y sociedad.

El establecimiento y operación de las Áreas Protegidas de carácter estatal constituyen actualmente la estrategia más importante para la conservación del patrimonio biológico y de los servicios ambientales que brinda a toda la población en general. El aprovechamiento de los ecosistemas y biodiversidad que poseen debe efectuarse dentro de límites que impone la necesidad de conservarlas a largo plazo.

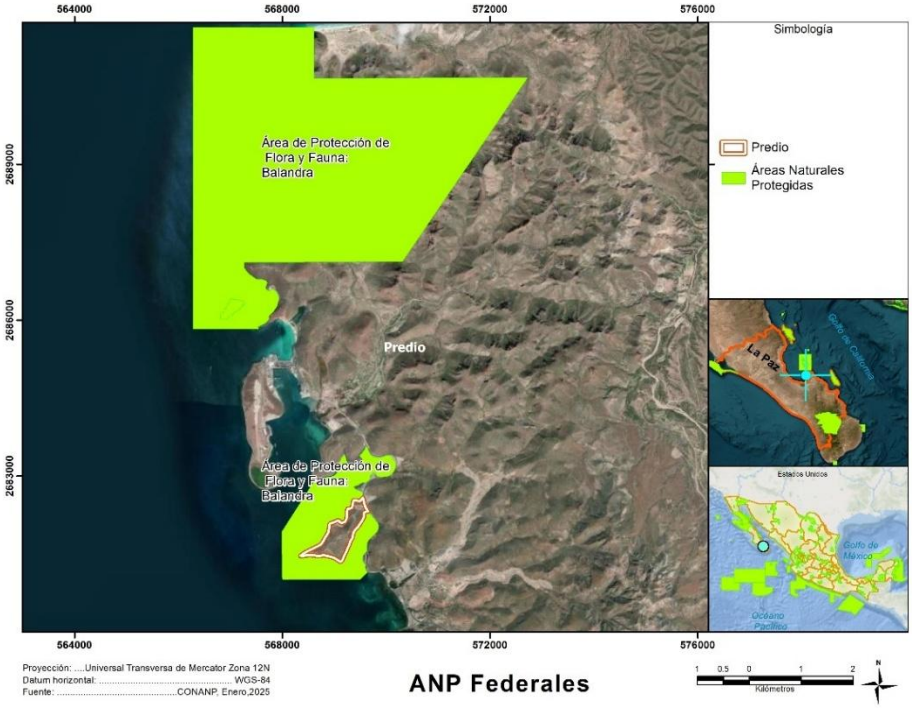
Actualmente las Áreas Naturales Protegidas presentan numerosas adversidades para lograr su conservación y preservación derivado de múltiples actores como:

a) Invasión de asentamientos irregulares.
b) Irregularidades en la tenencia de la tierra.
c) Prácticas de agricultura y ganadería extensiva.
d) Explotación forestal.
e) Incendios forestales.
f) Saqueo de recursos naturales.
g) Entre otros.

Por lo anterior es necesario sumar esfuerzos entre la sociedad civil, las organizaciones no gubernamentales, Instituciones Gubernamentales, así como instituciones de gobierno, para que se logren contrarrestar los efectos negativos que amenazan la preservación de las Áreas Naturales protegidas dentro del estado, conservando así la amplia gama de servicios ecosistémicos que nos ofrecen.

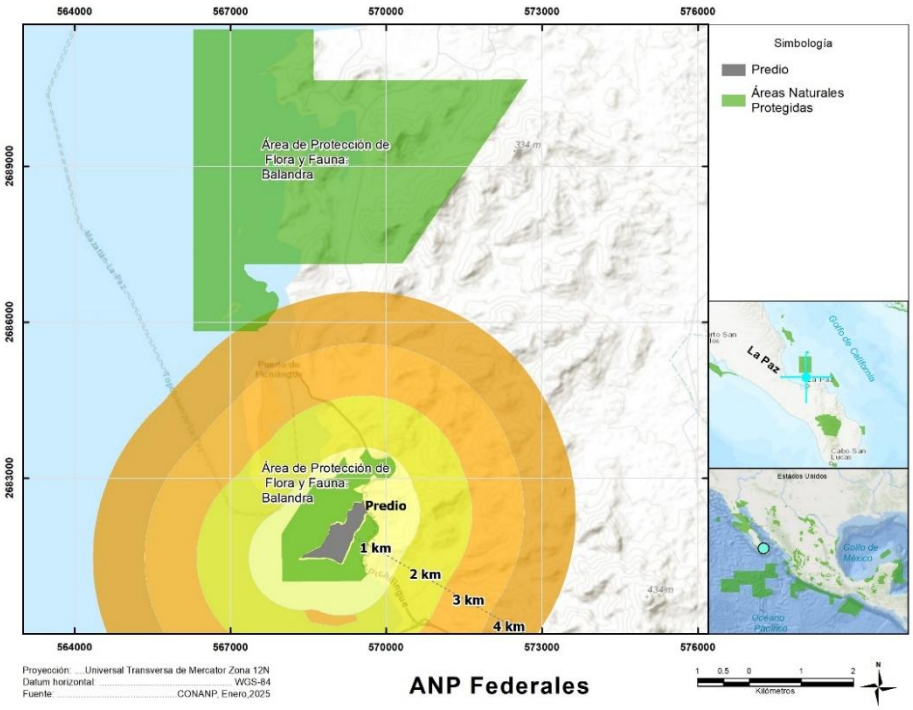
Es importante recalcar que las obras y actividades propuestas para el Proyecto , no se encuentra dentro de ninguna Área Natural Protegida Federal, Estatal o privado; únicamente ubicándose en la Zona de Influencia de APPF Balandra.

Figura 3.5 Unidad de Gestión Ambiental 13, con política de aprovechamiento



En este sentido, el Proyecto se encuentra adyacente al Área Natural Protegida de jurisdicción federal denominada Balandra, la cual fue establecida oficialmente el 30 de noviembre de 2012 (D.O.F. 30/11/2012) y cuenta con la categoría de manejo de Área de Protección de Flora y Fauna (APFF).

Figura 3.6 Distancia entre el predio y el ANP Federal denominada APFF Balandra



El Área de Protección de Flora y Fauna Balandra en la Bahía de La Paz en Baja California Sur, es un Área Natural Protegida icónica y de gran arraigo para la población de La Paz. El estero de Balandra contiene a los manglares con mayor extensión en toda la Bahía de la Paz, abarcan una superficie de más de 50 hectáreas y tienen la distribución más norteña en el Continente Americano

Con los Programas de Manejo se garantiza que las actividades que se realicen al interior de las áreas naturales protegidas sean llevadas a cabo de forma sustentable.

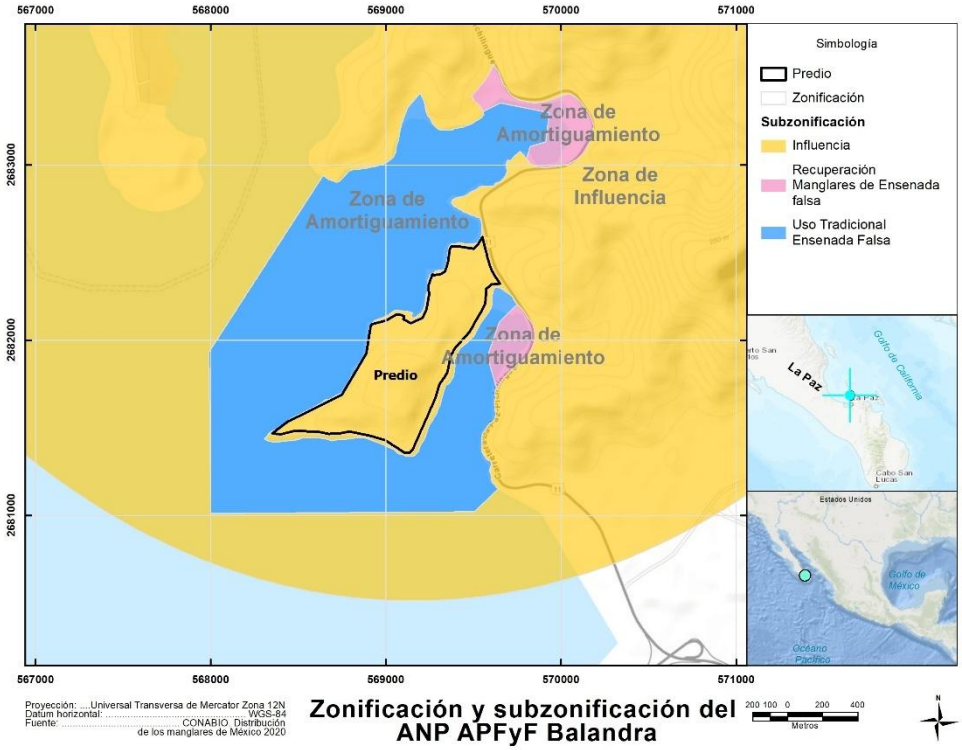
De conformidad con lo establecido en la fracción XXXIX del Artículo 3 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la zonificación es el instrumento técnico de planeación que puede ser utilizado en el establecimiento de las Áreas Naturales Protegidas, que permite ordenar su territorio en función del grado de conservación y representatividad de sus ecosistemas, la vocación natural del terreno, de su uso actual y potencial, de conformidad con los objetivos dispuestos en la misma declaratoria. Asimismo, existirá una subzonificación, la cual consiste en el instrumento técnico y dinámico de planeación, que se establecerá en el Programa de Manejo respectivo y que es utilizado en el manejo de las Áreas Naturales Protegidas

Para establecer la subzonificación del APFF Balandra se observó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, específicamente los Artículos 47 BIS y 47 BIS 1, así como lo estipulado en el Artículo 54 de la misma Ley General. Por otro lado, también se ajustó lo previsto en los Artículos Primero, Segundo y Tercero del Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Área de Protección de Flora y Fauna, la región conocida como Balandra, localizada en el municipio de La Paz, en el estado de Baja California Sur, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2012.

El predio del proyecto se encuentra inmerso en la zona de influencia del ANP, la cual según el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas, las Zonas de Influencia son superficies aledañas a la poligonal de un Área Natural Protegida que mantienen una estrecha interacción social, económica y ecológica con ésta, y que para el caso del Área de Protección de Flora y Fauna Balandra, comprende una superficie de 6 mil 738.529133 hectáreas.

La porción terrestre del Área Natural Protegida abarca principalmente las subcuencas y microcuencas de Balandra y El Mérito. Estas cuencas mantienen una estrecha relación con los esteros del polígono debido a la captación, escurrimiento superficial y flujo subterráneo de agua dulce hacia los mismos. Debido a esto, y a su relación con la integridad de los esteros y zonas de manglar; la Zona de Influencia del Área Natural Protegida incluye básicamente las cuencas, subcuencas y microcuecas del área de Balandra, así como las microcuencas anexas a la poligonal de Ensenada Falsa.

Figura 3.7 Subzonificación del ANP Federal denominada APFF Balandra



En este sentido, se presenta la vinculación del Proyecto con las Reglas Administrativas vinculantes:

Tabla 3.26 Vinculación del proyecto con las Reglas Administrativas del APFF.

Reglas Administrativas del APFF Balandra	
Instrumento Normativo	**Vinculación con el proyecto**
Regla 53. Queda prohibida la remoción, relleno, trasplante, poda o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar, del ecosistema y su Zona de Influencia, de su productividad natural, de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos, de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos. Se exceptuarán de la prohibición a que se refiere el párrafo anterior las obras o actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar.	**El Proyecto no contempla la realización de ninguna actividad u obra que genere afectación a zonas de manglar.** Cabe señalar que el diseño del proyecto respondió a una evaluación exhaustiva de la superficie, para asegurar la menor área de vegetación intervenida, misma que **no corresponde a comunidad de manglar**. En adición, para evitar la afectación del manglar colindante, derivado de las intervenciones planeadas, el proyecto considera la implementación de una serie de medidas de prevención y mitigación que serán ejecutadas a través de un Sistema de Manejo, como un mecanismo operativo integrado por un conjunto de programas, subprogramas y componentes. Entre las medidas a aplicar se encuentran:

	• Delimitación de las áreas de aprovechamiento/conservación. • Control de emisiones de gases de combustión y partículas suspendidas. • Mantenimiento de vehículos y maquinaria. • Mantenimiento de obras. • Control en los niveles de ruido. • Conservación y restauración de suelo. • Manejo de residuos sólidos y líquidos. • Manejo de residuos peligrosos y de manejo especial. • Protección, manejo y conservación de fauna. • Colocación de pasos de agua para mantener la continuidad del flujo hidrológico. • Señalización. • Concientización ambiental. • Atención a contingencias ambientales. • Monitoreo de los componentes bióticos y abióticos. • Supervisión y vigilancia. Si bien el proyecto no considera realizar intervenciones dentro de la franja de 100 m de distancia a la que se hacen referencian los numerales 4.14 y 4.16 de la NOM-022-SEMARNAT-2022, los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16 podrán exceptuarse siempre que el informe preventivo o en la manifestación de impacto ambiental, según sea el caso se establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales. De acuerdo a lo anterior, aunado a las medidas ya indicadas, el proyecto considera como medida de compensación, la puesta en marcha de un Subprograma de Monitorio del Manglar, en el Marco del Programa de Monitoreo, finalidad dar seguimiento a la estructura, dinámica y estado de conservación de las comunidades de manglar presentes en el área de influencia del proyecto.

3.9. SITIOS PRIORITARIOS

La regionalización implica la división de un territorio en áreas menores con características comunes y representa una herramienta metodológica básica en la planeación ambiental, pues permite el conocimiento de los recursos para su manejo adecuado. La importancia de las regionalizaciones de tipo ambiental estriba en que se consideran análisis basados en ecosistemas, cuyo objetivo principal es incluir la heterogeneidad ecológica que prevalece dentro de un determinado espacio geográfico para, así, proteger hábitats y áreas con funciones ecológicas vitales para la biodiversidad.

En este contexto, el Programa de Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) se orienta a la detección de áreas cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas. Estas delimitaciones regionales no tienen la facultad de regular el uso de suelo, por lo que no prohíben ni establecen condiciones para obras o actividades en su interior, y tampoco tienen la facultad de normar, en este caso, obras de infraestructura.

Por ello, estas regionalizaciones no son jurídicamente vinculantes con el Proyecto, sin embargo, fueron tomadas en consideración a efecto de identificar elementos, factores y fragilidad de los ecosistemas involucrados en el desplante del Proyecto que se pretende desarrollar.

Figura 3.8 Ubicación del Proyecto en relación con el Sitio Prioritario Marino

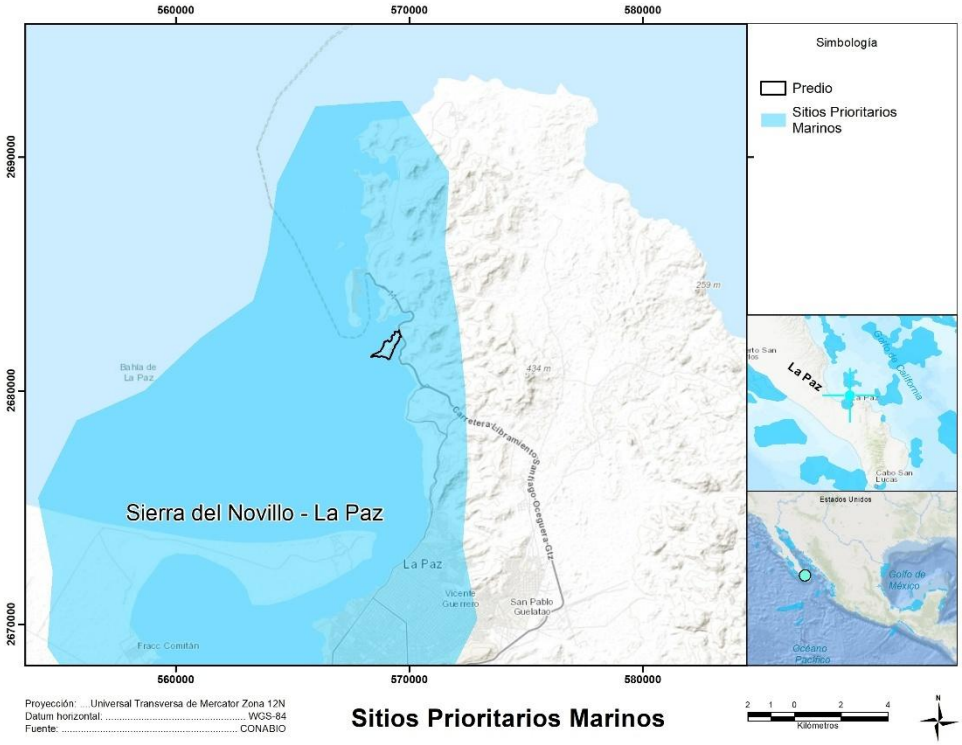
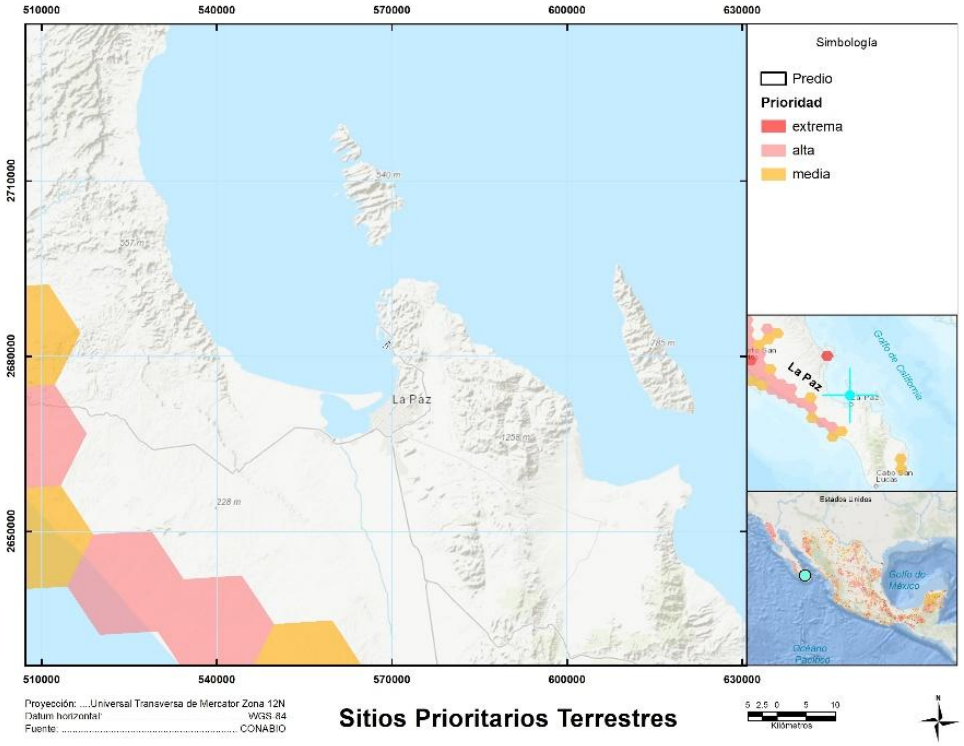


Figura 3.9 Ubicación del Proyecto en relación con el Sitio Prioritario Terrestre

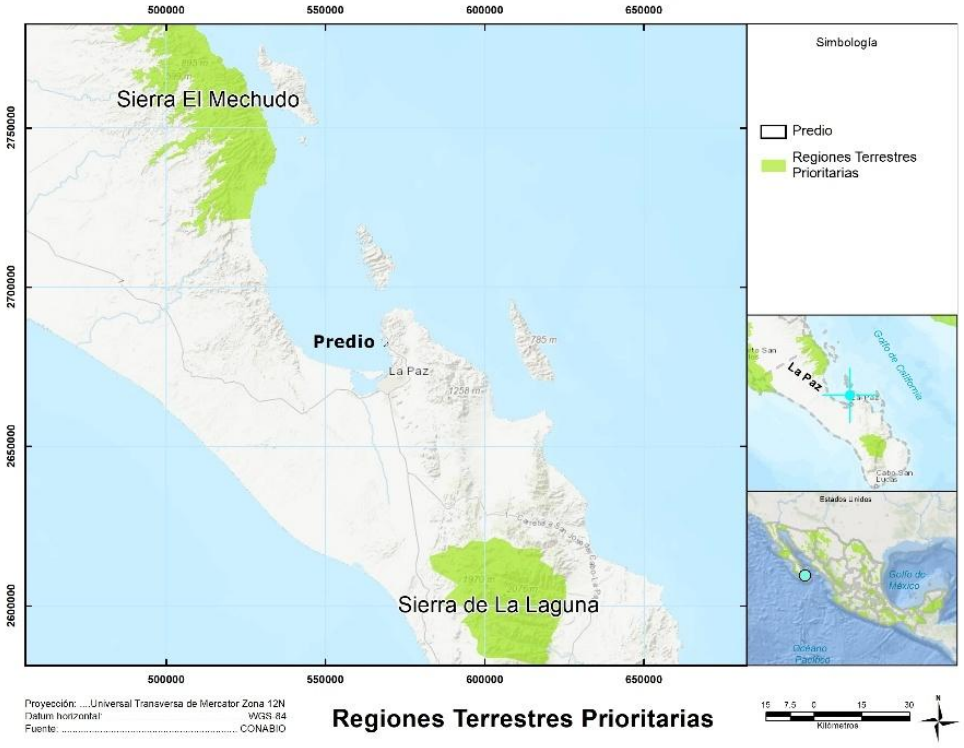


3.10. REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS

El Proyecto de Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) se circunscribe en el Programa de Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la CONABIO, que se orienta a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad en diferentes ámbitos ecológicos.

El sitio de pretendida ubicación del Proyecto, no se ubica dentro de ninguna Región Terrestre Prioritaria.

Figura 3.10 Ubicación del Proyecto en relación con la Región Terrestre Prioritaria



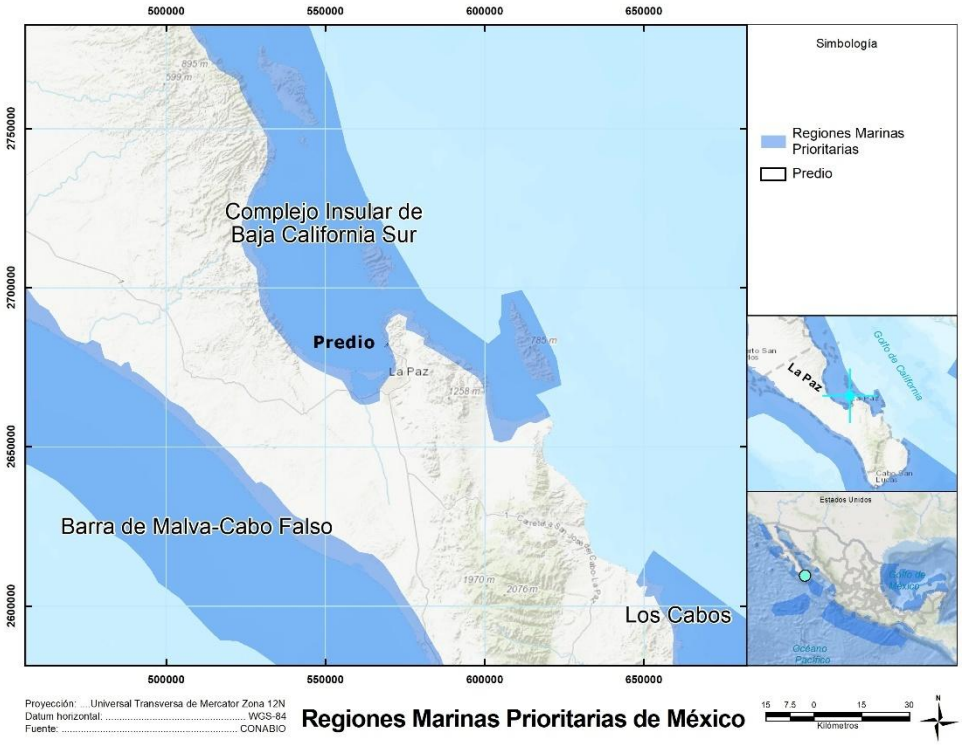
3.11. REGIONES MARINAS PRIORITARIAS

La CONABIO instrumentó el Programa de Regiones Marinas Prioritarias de México (RMP), mediante el cual se identificaron, delimitaciones y caracterizaron 70 áreas costeras y oceánicas consideradas prioritarias por su alta diversidad biológica, por el uso de sus recursos y por su falta de conocimiento sobre biodiversidad.

De acuerdo con la información disponible, se desprende que el predio se ubica en la RMP 14 Alto Golfo, esta cuenta con una extensión de 15,992 km^2 y se ubica en las coordenadas 32°10'12'' a 30°55'48" - 115°31'48" a 114°11'24''.

A pesar de que el predio del Proyecto se ubica dentro de la región señalada, las obras y actividades del mismo no afectaran directamente a esta región, toda vez que, con la ejecución del Proyecto, no se espera ninguna afectación a dichas regiones marinas.

Figura 3.11 Ubicación del Proyecto en relación con la Región Marina Prioritaria



De acuerdo a esta Comisión, esta RMP presenta las siguientes problemáticas ambientales: (i) contaminación por aguas residuales y desechos, (ii) impactos de embarcaciones turísticas, (iii) introducción de especies exóticas, (iv) extracción ilegal de especies endémicas, y (v) deterioro ambiental por el crecimiento urbano y turístico no regulado, particularmente en la Bahía de La Paz.

En atención a lo anterior, se destaca que el Proyecto ha sido diseñado de forma compatible con la integridad ecológica de esta Región Marina Prioritaria, sin agravar ninguna de las problemáticas señaladas. A continuación, se expone el análisis correspondiente:

1. Contaminación por aguas residuales y desechos: La contaminación por aguas residuales constituye una de las principales problemáticas ambientales en la RMP, particularmente en la Bahía de La Paz. En este sentido, el Proyecto no contempla ninguna descarga de aguas residuales al medio marino ni terrestre. Tal como se indica en la presente MIA-R, se proyecta el tratamiento completo de las aguas residuales generadas dentro del predio y su reutilización exclusiva en actividades internas. Esta estrategia previene eficazmente la incorporación de contaminantes al sistema hidrológico y contribuye a evitar un agravamiento de la problemática existente. Respecto a los desechos, el Proyecto incluye una estrategia interna de manejo de residuos que contempla la separación, almacenamiento temporal y disposición final conforme a la normatividad ambiental vigente, a través de prestadores autorizados. La ejecución de estas acciones bajo el Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad (SGAS) asegura el control y trazabilidad de los residuos generados en todas las etapas del proyecto, lo que permite afirmar que el desarrollo no incrementará la carga de desechos ni contribuirá a su dispersión en la región.

2. Daño por embarcaciones y turismo no regulado: El no contempla la operación de embarcaciones asociadas al transporte de pasajeros ni actividades náuticas propias. Tampoco desarrolla infraestructura costera o marina que facilite o promueva dicho tipo de operaciones. Por tanto, no se prevé ningún tipo de interacción directa del proyecto con el medio marino que pudiera derivar en afectaciones por tránsito de embarcaciones, colisiones, perturbaciones acústicas o dispersión de hidrocarburos, lo cual evita contribuir a esta problemática.

3. Introducción de especies exóticas: El Proyecto no propone el uso de especies vegetales exóticas ni la introducción de fauna silvestre no nativa. Las medidas de revegetación, en caso de ser aplicables, están orientadas exclusivamente a especies nativas adaptadas a las condiciones ecológicas del sitio. No se considera ningún tipo de actividad productiva que implique el uso de especies exóticas, ni se prevé infraestructura que promueva su introducción accidental o deliberada.

4. Extracción ilegal de especies endémicas insulares o continentales: El Proyecto no promueve actividades extractivas ni de aprovechamiento de flora o fauna silvestre, mucho menos en zonas insulares o de alta sensibilidad ecológica. Tampoco se prevé la apertura de accesos o caminos hacia zonas de difícil vigilancia que pudieran facilitar prácticas ilegales.

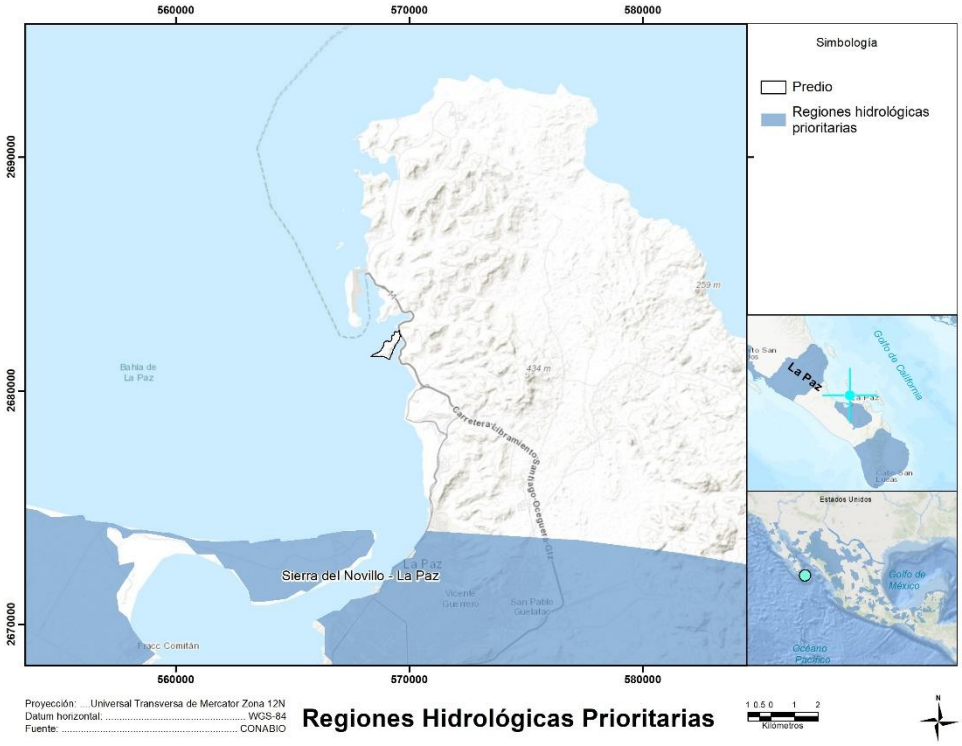
5. Contaminación y presión derivada del turismo y crecimiento urbano en la Bahía de La Paz: El Proyecto, desde su diseño, incluye criterios de compatibilidad territorial con el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio y con el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de La Paz.

3.12. REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS.

Las aguas epicontinentales incluyen una rica variedad de ecosistemas, muchos de los cuales están física y biológicamente conectados o articulados por el flujo del agua y el movimiento de las especies. Estas conexiones son fundamentales para el mantenimiento de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas, no solo a niveles local y regional, sino nacional y global. A partir de lo anterior, se realizó la regionalización del territorio mexicano definiendo, describiendo y caracterizando las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP).

Del análisis de la información proporcionada por la CONABIO, se desprende que el Proyecto no se ubica inmerso en alguna RHP.

Figura 3.12 Ubicación del Proyecto en relación con la Región Hidrológica Prioritaria



3.13. ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES (AICAS)

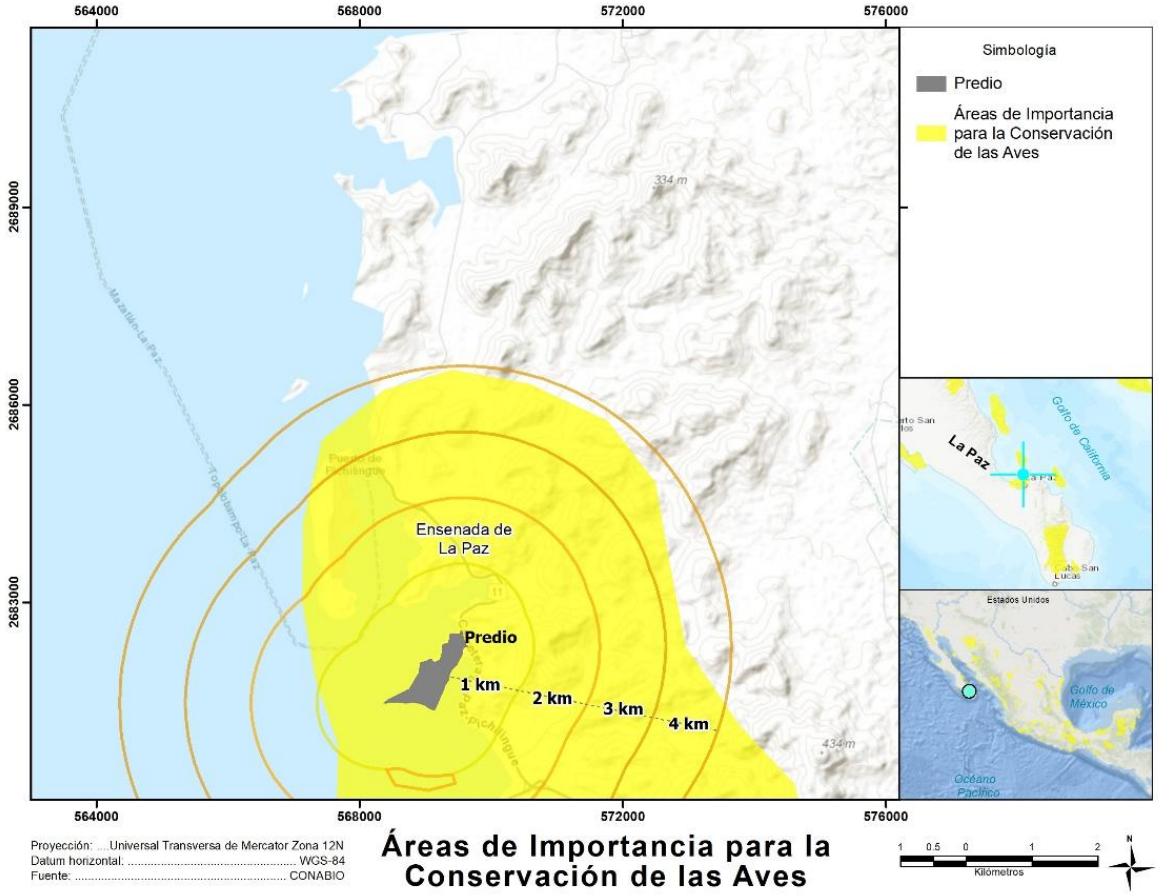
Las AICAs surgen de un programa de Birdlife Internacional, el cual busca identificar este tipo de áreas en todo el mundo. Mediante criterios como la amenaza que sufren las especies de aves, lo restringido de sus distribuciones y la cantidad de aves que se pueden congregar en un solo sitio.

De conformidad con la información disponible en la base de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), el Proyecto incide en el Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) número 93 denominada “Ensenada de la Paz”.

La cual se caracteriza por ser un humedal costero rodeado de desierto sarcocaule perteneciente al desierto sonorense, con zonas de manglar bastante afectadas. En su ribera sur se encuentran poblaciones humanas correspondientes a la ciudad de La Paz.

La vegetación que la caracteriza es matorral desértico sarcocaule, vegetación alterada, manglar y pastizal halófito.

Figura 3.13 Ubicación del Proyecto en relación al AICA 93



El Proyecto reconoce plenamente su localización dentro del Área de Importancia para la Conservación de las Aves AICA-93 y, de manera preventiva, ha sido diseñado para preservar la diversidad ornitológica que distingue a este sitio. En primer lugar, no existe

remoción alguna de la vegetación de manglar que conforma los márgenes de la península Punta Colorada: todas las vialidades y obras civiles se sitúan en zonas de matorral sarcocaule, manteniendo una franja de protección superior a 100 m entre la infraestructura y la línea de manglar, conforme a la NOM-022-SEMARNAT-2003. De este modo, se asegura que las planicies de inundación, donde hibernan y hacen escala las aves playeras, permanezcan intactas y libres de fragmentación, tal como exige la conservación de corredores biológicos.

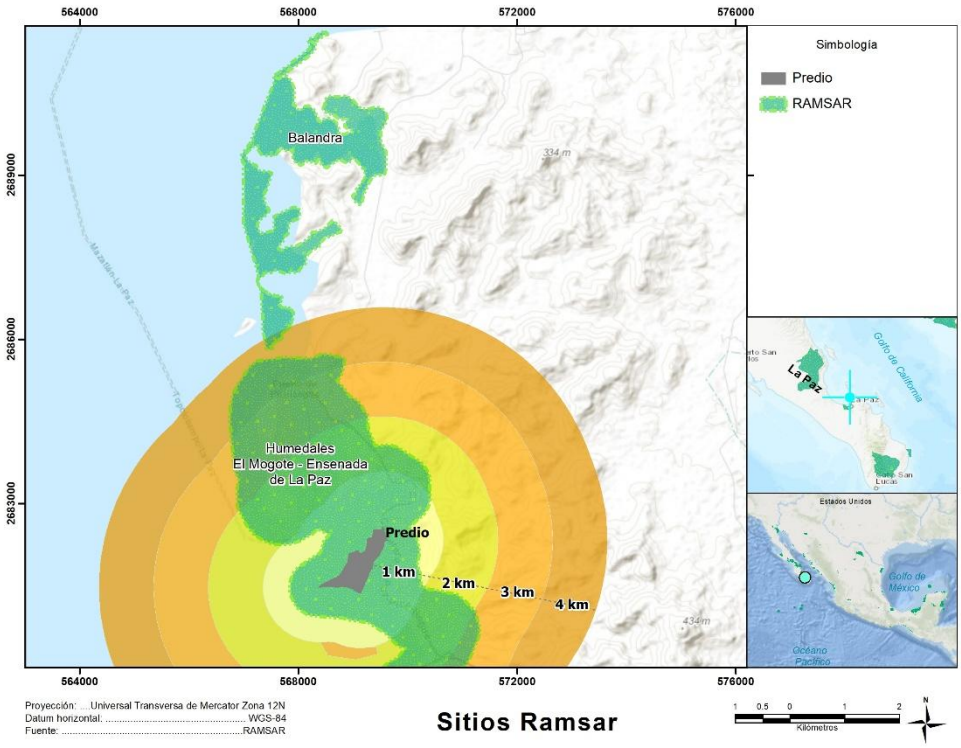
Asimismo, el proyecto no introduce cambios de uso de suelo dentro de los humedales costeros ni en las áreas inundables que sirven de hábitat esencial para especies migratorias y residentes en riesgo. Las obras marinas (toma y descarga de salmuera) se ubican fuera de la planicie somera y a 22 m de profundidad, con difusores que limitan la pluma de dispersión a 50 m, evitando cualquier alteración de la calidad del agua y la base alimenticia de las aves.

Para garantizar la continuidad funcional del ecosistema ornitológico, el Proyecto mantiene el libre flujo hidrológico superficial y subterráneo a través de pasos de agua y drenes en las vialidades, sin obstruir rutas de vuelo ni áreas de alimentación. Incluso durante la fase de construcción, se emplearán métodos de obra en fases que eviten la compactación de suelos y la generación de residuos en el humedal.

3.14. SITIOS RAMSAR

México se suscribió a la convención RAMSAR, que es la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, mediante la aprobación de la Cámara de Senadores del Congreso de la Unión el 20 de diciembre de 1984 y fue publicada en el Diario Oficial de la Federación los días 24 de enero y 18 de julio del año 1985. México tiene actualmente 142 sitios inscritos como Humedales de Importancia Internacional en la Convención RAMSAR, dentro de los cuales se encuentra el sitio denominado Humedales del Mogote - Ensenada de La Paz, designado por dicha Convención con el número 1816 el 02 de febrero de 2008.

Figura 3.14 Ubicación del Proyecto en relación al sitio RAMSAR



El Proyecto se inserta dentro de los límites del sitio Ramsar “Humedales Mogote-Ensenada de La Paz” (n.º 1816) y, en consecuencia, asume de manera preventiva todas las obligaciones que de ello derivan, en pleno respeto al artículo 133 Constitucional. En virtud de que México suscribió la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional mediante la publicación en el Diario Oficial de la Federación de enero y julio de 1985, el promovente reconoce la condición de este espacio como humedal costero de relevancia mundial y ha orientado el diseño del proyecto a garantizar la conservación y el uso racional del ecosistema.

En atención al **Criterio 4** de Ramsar, que identifica los manglares y sus planicies inundables como zonas esenciales de anidación y alimentación para especies como *Ardea herodias*, *Egretta rufescens*, *Nycticorax violaceus* y *Sternula antillarum*, todas las obras se circunscriben exclusivamente a áreas de matorral sarcocaule, respetando un corredor de protección de más de 100 m de ancho medido desde el límite del manglar hasta el área de intervención. No se realizará remoción, relleno ni poda de manglar, ni se desviará flujo

superficial o subterráneo que pudiera alterar las condiciones hidrológicas de las planicies inundables. Estudios batimétricos e hidrológicos incluidos en la MIA demuestran que los parámetros permanecerán dentro de sus rangos aceptables.

En cuanto al **Criterio 5**, que reconoce la Ensenada de La Paz como escala invernal para más de 20 000 aves playeras migratorias (por ejemplo, *Calidris mauri*, *Charadrius alexandrinus*, *Numenius phaeopus*, *Limosa fedoa*); el sistema de toma y descarga de la desaladora se ubica a 22 m de profundidad, con difusores que limitan la pluma de dispersión de salmuera a un radio máximo de 50 m, fuera del ámbito de la plataforma somera y de los sedimentos intermareales donde estas especies se concentran para forrajear y descansar. Al preservar inalterados el lecho y la columna de agua somera, así como los ciclos de inundación pluvial, el Proyecto garantiza que no se verá mermada la disponibilidad de alimento ni el refugio que estas aves requieren durante sus traslados migratorios.

De manera congruente con el principio de “uso racional” que la Convención Ramsar promueve, el Proyecto incorpora un Programa de Monitoreo del Manglar y de las condiciones abióticas del humedal, así como un riguroso sistema de control de vertidos mediante PTAR. Esta vigilancia constante, complementada con exclusión de toda actividad dentro del manglar, constituye la manifestación anticipada de las medidas de restauración y mitigación que la autoridad deberá verificar, evitando por completo cualquier daño grave o irreversible.

En este tenor, el Proyecto demuestra que cumple de manera plena y preventiva los requisitos establecidos por los criterios 4 y 5 de la Convención Ramsar para el sitio Mogote-Ensenada de La Paz, asegurando la integridad ecológica de los manglares, planicies inundables y áreas de forrajeo y descanso para aves migratorias. Con ello se deja sentado que la evaluación ambiental futura sólo tendrá que confirmar un cumplimiento ya acreditado, sin dejar espacio a dudas ni interpretaciones contrarias.

3.15. NORMAS OFICIALES MEXICANAS

La Ley de Infraestructura de la Calidad (LIC) describe a la Norma Oficial Mexicana (NOM) como la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las Autoridades Normalizadoras competentes cuyo fin esencial es el fomento de la calidad para el desarrollo económico y la protección de los objetivos legítimos de interés público previstos en este ordenamiento, mediante el establecimiento de reglas, denominación, especificaciones o características aplicables a un bien, producto, proceso o servicio, así como aquéllas relativas a terminología, marcado o etiquetado y de información. Las Normas Oficiales Mexicanas se considerarán como Reglamentos Técnicos o Medidas Sanitarias o Fitosanitarias, según encuadren en las definiciones correspondientes previstas en los tratados internacionales de los que el Estado Mexicano es Parte

Asimismo, los artículos 5° fracción V, y 36 de la LGEEPA, confieren a la Federación, por conducto de la SEMARNAT, facultades para expedir normas oficiales mexicanas en materia ambiental y para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, con sujeción al procedimiento que para dichos efectos se establece en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Las Normas Oficiales Mexicanas que aplican en el proceso de instrumentación del Proyecto y su vinculación se presentan a continuación (Tabla 3.27).

Tabla 3.27 Normas Oficiales Mexicanas

Regulación	Vinculación del Proyecto
AGUA	
NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.	El Proyecto no pretende realizar descargas de aguas residuales al suelo, subsuelo o zona marina, sino que utilizará un Sistema Integral de manejo del agua que incluye una red de drenaje conectado a una Planta de Tratamiento de aguas Residuales (PTAR). La calidad del agua estará monitoreada por medio del Programa de Monitoreo del Agua que ejecutará el Proyecto
NOM-002-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal.	La zona donde se ubica el Proyecto no existe infraestructura de alcantarillado urbano o municipal, es por eso que el Proyecto propone la implementación de un Sistema Integral de Manejo del Agua, descrito anteriormente y que se puede consultar ampliamente en el capítulo 2 de la presente MIA-R.
NOM-003-SEMARNAT-1997. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.	El Proyecto pretende la reutilización de las aguas residuales previamente tratadas, por lo que, mediante los monitoreos de agua se evaluará y vigilará que se cumplan con los límites establecidos en la presente Norma.
NOM-001-CONAGUA-2011. Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario – Hermeticidad - Especificaciones y métodos de prueba.	El Proyecto ejecutará un Sistema Integral de Manejo del Agua, así como Programas de Supervisión Ambiental y Monitoreo Ambiental, mediante los cuales se asegurará el cumplimiento de las especificaciones marcadas por la presente Norma.
NOM-003-CONAGUA-1996. Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.	El Proyecto no propone la construcción de pozos para la extracción de agua.

Regulación	Vinculación del Proyecto
RESIDUOS	
NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	En las diferentes etapas del Proyecto, se realizarán listas minuciosas de los residuos peligrosos; estos residuos serán almacenados temporalmente y posteriormente trasladados a sitio de tratamiento autorizado por medio de empresas acreditadas.
NOM-053-SEMARNAT-1993. Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	Cuando resulte aplicable, por medio del Programa de Supervisión Ambiental, se verificará que la empresa contratista especializada en el manejo de residuos peligrosos cumpla con el procedimiento establecido en la presente Norma.
NOM-054-SEMARNAT-1993. Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana nom-052-semarnat-1993.	Cuando resulte aplicable, por medio del Programa de Supervisión Ambiental, se verificará que la empresa contratista especializada en el manejo de residuos peligrosos cumpla con lo establecido en la presente Norma.
NOM-061-SEMARNAT-2011. Que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.	Mediante el Programa de Manejo Integral de Residuos, se realizará todo lo concerniente al Proyecto marcado en la presente Norma.
EMISIONES DE FUENTES MÓVILES	
NOM-041-SEMARNAT-2015. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	La generación de gases o emisiones a la atmósfera provendrán de la combustión interna de vehículos automotores que trasladen todos los equipos y materiales de construcción, lo cual no representa un riesgo ambiental, toda vez que se verificará que los subcontratistas realicen el mantenimiento periódico a los vehículos, esto se realizará en el marco del Programa de Supervisión Ambiental.
NOM-050-SEMARNAT-1993. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diésel o gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.	La vinculación con esta norma, se debe a que serán emitidos gases del escape de los vehículos que trasladen los materiales de construcción, lo cual no constituye un riesgo ambiental, ya que verificará que los subcontratistas realicen el mantenimiento periódico a los vehículos, esto se realizará en el marco del Programa de Supervisión Ambiental.
NOM-086-SEMARNAT-1994. Contaminación atmosférica-especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles	En la etapa de operación del Proyecto se realizarán los estudios pertinentes para la determinación y monitoreo de las fuentes fijas y móviles de contaminantes atmosféricas, siguiendo las especificaciones marcadas en la presente norma y estas actividades se realizarán por medio de empresas especialistas y certificadas para tales actividades.

Regulación	Vinculación del Proyecto
CONTAMINACIÓN POR RUIDO	
NOM-080-SEMARNAT-1994. Límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.	La generación de ruidos provenientes de los camiones de transporte, materiales de instalación y construcción y del equipo manual (taladros, martillos, etc.) de construcción es inevitable, sin embargo, se tendrá especial cuidado para exigirles el uso de silenciadores y la adecuada afinación de sus motores; esto se realizará por medio del Programa de Supervisión Ambiental que ejecutará el Proyecto.
NOM-081-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	La Promovente llevará a cabo estudios en materia de ruido, por medio de empresas acreditadas y especializadas, conforme a lo indicado en la presente Norma para verificar que se cumplan los límites señalados.
PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA	
NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo.	De acuerdo a la caracterización ambiental realizada para el Proyecto (ver Capítulo 4), se determinó la existencia de una especie de vegetación registradas en la norma enlistada como sujeta a protección especial. En cuanto a la fauna, los anfibios no se encuentra ninguna especie registrada. Para la herpetofauna, mamíferos u ornitofauna no se registraron especies enlistadas en la NOM 059; Los programas que contempla el Proyecto para la verificación y monitoreo de la fauna y vegetación son: Programa de Manejo Integral de Fauna, Programa de Manejo Integral de Vegetación, Programa de Monitoreo Ambiental.
NOM-162-SEMARNAT-2012. Especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación	De acuerdo a la caracterización ambiental realizada recientemente en el predio del Proyecto se determinó la ausencia de diferentes especies de tortuga marina en la zona litoral del predio.
NOM-061-SEMARNAT-1994. Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal.	El Proyecto no pretende realizar actividades de aprovechamiento forestal.

Tabla 3.28 Listado de especies bajo un estado de protección por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Factor	Familia	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Imagen representativa
Vegetación	*Fabaceae*	*Olneya teosota*	*Palo fierro* - Uña de gato	Sujeta a protección especial	

3.15.1.NOM-022-SEMARNAT-2003

La Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar, fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de abril de 2003.

El contenido de esta norma nos indica que, en principio, los humedales costeros se caracterizan por tener funciones hidrológicas, de contigüidad, de regulación climática, de estabilización costera, de producción primaria que hace que la biodiversidad marina y terrestre dependa de ellos; además de que contribuyen a recargar acuíferos subterráneos que almacenan el 97% de aguas dulces no congeladas en el mundo.

El manglar y los suelos de los humedales costeros desempeñan una función importante en la depuración del agua eliminado las altas concentraciones de nitrógeno y fósforo, así como en algunos casos productos químicos tóxicos. De igual forma, el manglar es el sitio de forrajeo, caza, refugio, anidación, crecimiento y alimentación para muchas especies de fauna de los ecosistemas con los cuales hace conexión, lo que los transforma en corredores biológicos que dan continuidad a los ecosistemas, siendo unidades hidrológicas para el mantenimiento de la biodiversidad.

Esta norma surge en respuesta al reconocimiento del gran valor que tienen los humedales costeros para la sociedad en términos de servicios ambientales, cuyas metas globales de manejo están encaminadas a mantener sus procesos ecológicos, así como la implementación de acciones de protección y restauración de éstos, restaurando en lo posible el tipo de bosque y estructura forestal original y evitando la pérdida de ésta y su dinámica hidrológica. Lo anterior, considerando que la distribución de manglares en México es extensa, distribuyéndose tanto en los litorales del Pacífico y Golfo de California y del lado del Atlántico en el Golfo de México y el Caribe.

Por estos motivos, se consideró necesaria la existencia de un ordenamiento y valoración apropiada de los servicios ambientales que proveen estos ecosistemas, cuyo valor ecológico, económico directo e indirecto, cultural, científico y recreativo debe mantenerse.

Posteriormente, mediante acuerdo de fecha 07 de mayo de 2004 publicado en el Diario Oficial de la Federación, se adicionó la especificación 4.43 a esta norma, la cual contiene la prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22 y dispone que los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16 podrán exceptuarse siempre que el informe preventivo o manifestación de impacto ambiental, según sea el caso, establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente.

Por lo anterior, el Proyecto se pretende desarrollar bajo los siguientes criterios:

- Todas las obras e instalaciones (vialidades, planta de ósmosis inversa, emisario de salmuera y PTAR) se sitúan en zonas de matorral sarcocaule, fuera de la franja de protección de 100 m alrededor de la comunidad de manglar.

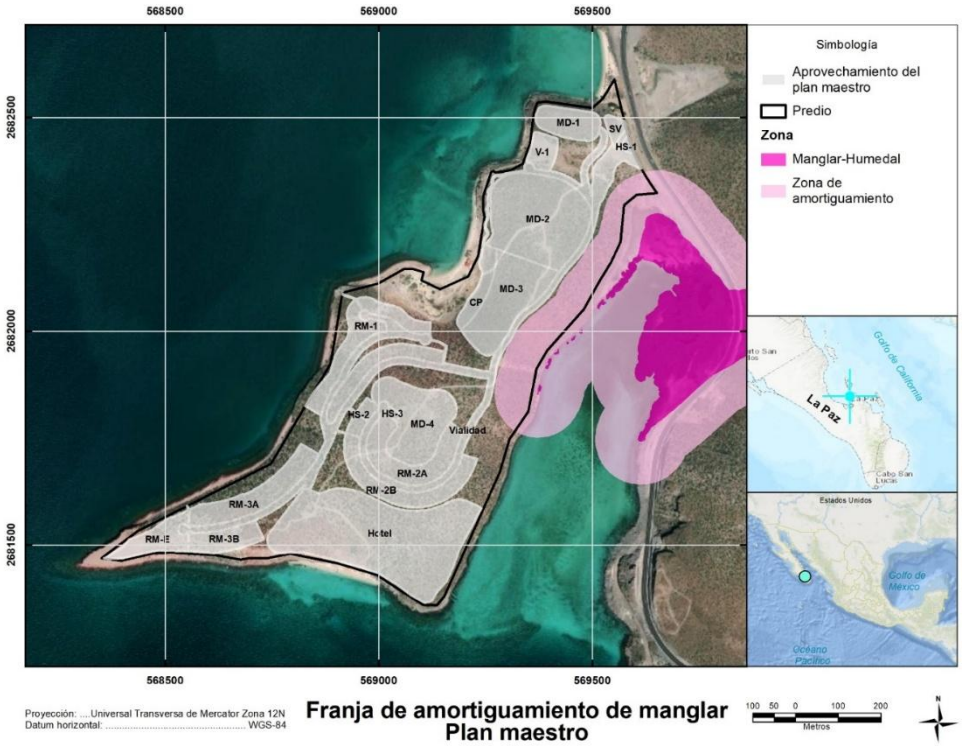
- No se proyecta ninguna canalización, desvío ni intervención dentro del humedal costero, por lo que **no requiere** autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

- Las vialidades internas y las conducciones hídricas se diseñan para **bordear** la comunidad de manglar, sin cruzarla, garantizando el libre flujo hidráulico y el paso de fauna.

- Durante la construcción se emplearán métodos en fases y plataformas elevadas que no compacten el suelo ni dejen residuos, de modo que no se afecte el ecosistema ribereño.

La superficie de intervención se ubica fuera de la franja de protección de 100 m. A tal efecto, se adjunta el plano de ubicación que lo demuestra:

Figura 4.15 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.



Esta norma posee gran relevancia en materia ambiental, por lo que resulta sumamente importante, realizar su vinculación con el Proyecto que se somete a evaluación de impacto ambiental. Es importante manifestar que el desarrollo del proyecto no contempla la afectación del humedal existente en el predio, por lo que no se considera la reducción de población de las especies descritas en esta NOM, y, por tanto, no representa la modificación de un ecosistema de manglar. En este sentido, se hace una vinculación con los numerales directamente relacionados con el Proyecto:

Tabla 3.29 Normas Oficiales Mexicanas

PRECEPTO	VINCULACIÓN
4.0 El manglar deberá preservarse como comunidad vegetal. En la evaluación de las solicitudes en materia de cambio de uso de suelo, autorizaciones de aprovechamiento de la vida silvestre e impacto ambiental se deberá garantizar en todos los casos la integralidad del mismo, para ello se contemplarán los siguientes puntos: • Integralidad del flujo hidrológico del humedal costero; • Integridad del ecosistema y su zona de influencia en la plataforma continental; • Su productividad natural; • Capacidad de carga natural del ecosistema para turistas; • Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; • La integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos (de superficie y subterráneos), la duna, la zona marina adyacente y los corales; • Cambio de características ecológicas; • Servicios ecológicos; • Ecológicos y eco fisiológicos (estructurales del ecosistema como el agotamiento de los procesos primarios, estrés fisiológico, toxicidad, altos índices de migración y mortalidad, así como la reducción de las poblaciones principalmente de aquellas especiales en status, entre otros).	**SE CUMPLE**. El Proyecto se asegura a través de las medidas propuestas en el Capítulo 6 con relación a impactos del Capítulo 5, que no sea afectada la integralidad de flujo hidrológico, integridad del ecosistema, productividad natural, capacidad de carga, integridad de zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje de especies residentes, interacciones, servicios ecológicos, etc., del manglar subyacente a la poligonal envolvente de este. Asimismo, el manglar se preserva como comunidad vegetal mediante la delimitación de una **franja de amortiguamiento superior a 100 m** entre el límite de la vegetación de manglar y toda obra del proyecto, medida que salvaguarda la integridad del flujo hidrológico del humedal costero, la continuidad funcional con la duna y la zona marina adyacente, y la protección de las zonas de anidación y de alimentación de aves playeras. Este corredor se respeta en el diseño de vialidades y pasos hidráulicos, asegurando la conectividad superficial y subterránea que protege la productividad natural y la capacidad de carga del ecosistema para visitantes y fauna.
4.1 Toda obra de canalización, interrupción de flujo o desvío de agua que ponga en riesgo la dinámica de e integridad ecológica de los humedales costeros, quedará prohibida, excepto en los casos en los que las obras descritas sean diseñadas para restaurar la circulación y así promover la regeneración del humedal costero.	NO APLICA. EL Proyecto no prevé ninguna obra de canalización, sino que se ha identificado y conservado los canales naturales existentes, tal como exige el numeral 4.3, evitando fragmentación, asolvamiento o intrusión salina. Los drenajes pluviales diseñados (cunetas, contracunetas y lavaderos) conducen el agua hacia cauces naturales sin alterar su curso original.
4.2 Construcción de canales que, en su caso deberán asegurar la reposición del mangle afectado y programas de monitoreo para asegurar el éxito de la restauración.	NO APLICA en virtud de que no se contempla la construcción de canales.
4.3 Los promoventes de un proyecto que requieran de la existencia de canales, deberán hacer una prospección con la intención de detectar los canales ya existentes que puedan ser aprovechados a fin de evitar la fragmentación del ecosistema, intrusión salina,	NO APLICA ya que el Proyecto no requiere de existencia de canales de forma alguna.

asolvamiento y modificación del balance hidrológico.	
4.4 El establecimiento de infraestructura marina fija (diques, rompeolas, muelles, marinas y bordos) o cualquier otra obra que gane terreno a la unidad hidrológica en zonas de manglar queda prohibida excepto cuando tenga por objeto el mantenimiento o restauración de ésta.	NO APLICA en virtud de que el Proyecto no requiere de este tipo de infraestructura.
4.5 Cualquier bordo colindante con el manglar deberá evitar bloquear el flujo natural del agua hacia el humedal costero.	SE OBSERVA y se verificará que ningún elemento del Proyecto genere un bloqueo en el flujo natural del agua hacia el humedal costero.
4.6 Se debe evitar la degradación de los humedales costeros por contaminación y asolvamiento.	SE CUMPLIRÁ en virtud de que no se realizará actividad u obra algunas que impliquen la degradación por contaminación o asolvamiento al humedal costero de ninguna manera.
4.7 La persona física o moral que utilice o vierta agua proveniente de la cuenca que alimenta a los humedales costeros, deberá restituirla al cuerpo de agua y asegurarse de que el volumen, pH, oxígeno disuelto, temperatura y la calidad del agua que llega al humedal costero garanticen la viabilidad del mismo.	No aplica al proyecto toda vez que no se pretende verter o utilizar agua proveniente de la cuenca.
4.8 Se deberá prevenir que el vertimiento de agua que contenga contaminantes orgánicos y químicos, sedimentos, carbón metales pesados, solventes, grasas, aceites combustibles o modifiquen la temperatura del cuerpo de agua; alteren el equilibrio ecológico, dañen el ecosistema o a sus componentes vivos. Las descargas provenientes de granjas acuícolas, centros pecuarios, industrial, centros urbanos, desarrollos turísticos y otras actividades productivas que se vierten a los humedales costeros deberán ser tratadas y cumplir cabalmente con las normas establecidas según el caso.	NO APLICA al proyecto toda vez que no se pretende el vertimiento de agua hacia el humedal costero. Aunado a lo anterior el proyecto considera la implementación de una serie de medidas de prevención, mitigación y compensación que serán ejecutadas a través de lo incluido en el Capítulo 6 de esta MIA-R.
4.9 El permiso de vertimiento de aguas residuales a la unidad hidrológica debe ser solicitado directamente a la autoridad competente, quien le fijará las condiciones de calidad de la descarga y el monitoreo que deberá realizar.	NO APLICA. No se realizarán vertimientos de aguas residuales a la unidad hidrológica del manglar de modo alguno.
4.10 La extracción de agua subterránea por bombeo en áreas colindantes a un manglar debe garantizar el balance hidrológico en el cuerpo de agua y la vegetación, evitando la intrusión de la cuña salina del acuífero.	**SE CUMPLE** ya que el suministro de agua será conforme a lo descrito a lo largo de esta MIA-R.
4.11 Se debe evitar la introducción de ejemplares o poblaciones que se puedan tornar perjudiciales, en aquellos casos donde existan evidencias de que algunas especies estén provocando un daño inminente a los humedales costeros en zona de manglar, la	**SE CUMPLE**. No se introducirán ejemplares o poblaciones de flora o fauna que puedan tornarse de cualquier modo en perjudiciales al ecosistema.

Secretaría evaluará el daño ambiental y dictará las medidas de control correspondientes.	
4.12 Se deberá considerar en los estudios de impacto ambiental, así como en los ordenamientos ecológicos el balance entre el aporte hídrico promovente de la cuenca continental y el de las mareas, mismas que determinan la mezcla de agua dulce y salada recreando las condiciones estuarinas, determinantes en los humedales costeros y las comunidades vegetales que soportan.	**SE CUMPLE** en los términos de la información vertida en los Capítulos 4 y 8 de esta MIA.
4.13 En caso de que sea necesario trazar una vía de comunicación en tramos cortos de un humedal o sobre un humedal, se deberá garantizar que la vía de comunicación es trazada sobre pilotes que permitirán el libre flujo hidráulico dentro del ecosistema, así como garantizar el libre paso de la fauna silvestre. Durante el proceso constructivo se utilizarán métodos de construcción en fase (por sobre posición continua de la obra) que no dañen el suelo del humedal, no generen depósito de material de construcción ni genere residuos sólidos en el área.	NO APLICA. No será necesario el trazo de vía de comunicación alguna en este Proyecto.
4.14 La construcción de vías de comunicación aledañas, colindantes o paralelas al flujo del humedal costero, deberá incluir drenes y alcantarillas que permitan el libre flujo del agua y la luz. Se deberá dejar una franja de protección de 100 m (cien metros) como mínimo la cual se medirá a partir del derecho de vía al límite de la comunidad vegetal, y los taludes recubiertos con vegetación nativa que garanticen su estabilidad.	**SE CUMPLE.** Toda vía de comunicación colindante al humedal debe incluir drenes y alcantarillas que permitan el libre paso del agua y disponer de taludes recubiertos con vegetación nativa. El Proyecto incorpora estos elementos en cada plataforma de acceso, asegurando la estabilidad de los taludes y el paso ininterrumpido del caudal pluvial hacia el estero, en estricto apego al requisito de la franja de 100 m.
4.15 Cualquier servicio que utilicen postes, ductos, torres y líneas, deberá ser dispuesto sobre el derecho de vía. En caso de no existir alguna vía de comunicación se deberá buscar en lo posible bordear la comunidad de manglar, o en el caso de cruzar el manglar procurar el menor impacto posible.	NO APLICA en virtud de que no se instalarán estos elementos o componentes de infraestructura en este Proyecto.
4.16 Las actividades productivas como la agropecuaria, acuícola intensiva o semi-intensiva, infraestructura urbana, o alguna otra que sea aledaña o colindante con la vegetación de un humedal costero, deberán dejar una distancia mínima de 100 m respecto al límite de la vegetación, en la cual no se permitirá actividades productivas o de apoyo.	**SE CUMPLE**. El Proyecto respeta esta medida al situar toda infraestructura fuera de dicha zona, de manera que no exista riesgo de impacto directo ni indirecto sobre los manglares.
4.17 La obtención del material para la construcción, se deberá realizar de los bancos de préstamo señalados por la autoridad competente, los cuales estarán ubicados fuera del área que ocupan los manglares y en sitios que no tengan influencia sobre la dinámica	**SE CUMPLIRÁ** puntualmente con esta disposición y los materiales no afectarán de modo alguno al manglar.

ecológica de los ecosistemas que los contienen.	
4.18 Queda prohibido el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero, para ser transformado en potreros, rellenos sanitarios, asentamientos humanos, bordos, o cualquier otra obra que implique pérdida de vegetación, que no haya sido autorizada por medio de un cambio de utilización de terrenos forestales y especificada en el informe preventivo o, en su caso, el estudio de impacto ambiental.	**SE CUMPLE** ya que no se realizarán ninguna de estas acciones en este Proyecto.
4.19 Queda prohibida la ubicación de zonas de tiro o disposición del material de dragado dentro del manglar, y en sitios en la unidad hidrológica donde haya el riesgo de obstrucción de los flujos hidrológicos de escurrimiento y mareas.	**SE CUMPLE** en virtud de que no se realizarán estas actividades en el Proyecto.
4.20 Queda prohibida la disposición de residuos sólidos en humedales costeros.	**SE CUMPLE** obedeciendo esta prohibición y siguiendo el programa interno de manejo integral de residuos.
4.21 Queda prohibida la instalación de granjas camaronícolas industriales intensivas o semintensivas en zonas de manglar y lagunas costeras, y queda limitado a zonas de marismas y a terrenos más elevados sin vegetación primaria en los que la superficie del proyecto no exceda el equivalente de 10% de la superficie de la laguna costera receptora de sus efluentes en lo que se determina la capacidad de carga de la unidad hidrológica. Esta medida responde a la afectación que tienen las aguas residuales de las granjas camaronícolas en la calidad del agua, así como su tiempo de residencia en el humedal costero y el ecosistema.	NO APLICA ya que el Proyecto no es de este giro o actividad económica.
4.22 No se permite la construcción de infraestructura acuícola en áreas cubiertas de vegetación de manglar, a excepción de canales de toma y descarga, los cuales deberán contar previamente con autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de utilización de terrenos forestales.	NO APLICA ya que el Proyecto no es de este giro o actividad económica.
4.23 En los casos de autorización de canalización, el área de manglar a deforestar deberá ser exclusivamente la aprobada tanto en la resolución de impacto ambiental y la autorización de cambio de utilización de terrenos forestales. No se permite la desviación o rectificación de canales naturales o de cualquier porción de una unidad hidrológica que contenga o no vegetación de manglar.	NO APLICA. El Proyecto no contempla ninguna actividad de deforestación de mangle o canalización de manglar de forma alguna, el ecosistema será intocado.
4.24 Se favorecerán los proyectos de unidades de producción acuícola que utilicen tecnología de toma descarga de agua, diferente a la canalización.	NO APLICA. El Proyecto no es de este giro o actividad económica.

4.25 La actividad acuícola deberá contemplar preferentemente post-larvas de especies nativas producidas en laboratorio.	NO APLICA. El Proyecto no es de este giro o actividad económica.
4.26 Los canales de llamada que extraigan agua de la unidad hidrológica donde se ubique la zona de manglares deberá evitar, la remoción de larvas y juveniles de peces y moluscos.	NO APLICA, en el Proyecto no se contempla esta infraestructura ni actividad.
4.27 Las obras o actividades extractivas relacionadas con la producción de sal sólo podrán ubicarse en salitrales naturales; los bordos no deberán exceder el límite natural del salitral, ni obstruir el flujo natural de agua en el ecosistema.	NO APLICA. El Proyecto no es de este giro o actividad económica.
4.28 La infraestructura turística ubicada dentro de un humedal costero debe ser de bajo impacto, con materiales locales, de preferencia en palafitos que no alteren el flujo superficial del agua, cuya conexión sea a través de veredas flotantes, en áreas lejanas de sitios de anidación y percha de aves acuáticas, y requiere de zonificación, monitoreo y el informe preventivo.	NO APLICA. El Proyecto no contempla estas actividades dentro del humedal costero.
4.29 Las actividades de turismo náutico en los humedales costeros en zonas de manglar deben llevarse a acabo de tal forma que se evite cualquier daño al entorno ecológico, así como a las especies de fauna silvestre que en ellos se encuentran. Para ello, se establecerán zonas de embarque y desembarque, áreas específicas de restricción y áreas donde se reporte la presencia de especies en riesgo.	NO APLICA. El Proyecto no es de este giro o actividad económica.
4.30 En áreas restringidas los motores fuera de borda deberán ser operados con precaución, navegando a velocidades bajas (no mayor de 8 nudos), y evitando zonas donde haya especies en riesgo como el manatí.	NO APLICA. El Proyecto no es de este giro o actividad económica.
4.31 El turismo educativo, ecoturismo y observación de aves en el humedal costero deberán llevarse a cabo a través de veredas flotantes, evitando la compactación del sustrato y el potencial de riesgo de disturbio a zonas de anidación de aves, tortugas y otras especies.	No aplica al proyecto toda vez que no se contempla la realización de las actividades señaladas en esta especificación.
4.32 Deberá de evitarse la fragmentación del humedal costero mediante la reducción del número de caminos de acceso a la playa en centros turísticos y otros. Un humedal costero menor a 5 km de longitud del eje mayor deberá tener un solo acceso a la playa y éste deberá ser ubicado en su periferia. Los accesos que crucen humedales costeros mayores a 5 km de longitud con respecto al eje mayor deben estar ubicados como mínimo a una distancia de 30 km uno de otro.	Hasta el momento, el Proyecto ha sido concebido para incorporar únicamente un acceso principal a la franja costera. En su momento procesal oportuno, una vez obtenida la autorización ambiental, el promovente se coordinará con el Ayuntamiento de La Paz y la SEMARNAT para definir formalmente la ubicación georreferenciada de los accesos permitidos, garantizando así el cumplimiento del criterio sin fragmentar el humedal ni alterar su dinámica ecológica.

4.33 La construcción de canales deberá garantizar que no se fragmentará el ecosistema y que los canales permitirán su continuidad, se dará preferencia a las obras o el desarrollo de infraestructura que tienda a reducir el número de canales en los manglares.	NO APLICA. En este Proyecto no se contempla la instalación de canales o canaletas sobre el manglar o que afecte de modo alguno el flujo hidrológico a este.
4.34 Se debe evitar la compactación del sedimento en marismas y humedales costeros como resultado del paso de ganado, personas, vehículos y otros factores antropogénicos.	NO APLICA. El Proyecto no es de este giro o actividad económica. No hay posibilidad del paso de ganado en esta poligonal dada su ubicación geográfica.
4.35 Se dará preferencia a las obras y actividades que tiendan a restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre.	Si bien el Proyecto propuesto no tiene este objetivo primario, si como efecto de la intervención en el medio, el Promovente quedará sujeto a realizar labores de monitoreo del estado de conservación del manglar colindante y su flujo hidrológico, así como para tomar, previa autorización en materia de impacto ambiental, las acciones que se vieran necesarias a fin de mantener o mejorar el estado de conservación de dicho sistema.
4.36 Se deberán restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre, de acuerdo como se determinen en el Informe Preventivo.	Se favorecerán y protegerán las áreas de manglar que circundan la Ensenada de La Paz como corredores biológicos. Aunque el Proyecto no interviene directamente en la comunidad de manglar, su Subprograma de Monitoreo del Manglar incluye la conservación permanente de las franjas de vegetación ribereña y la vigilancia de sus procesos ecológicos, garantizando la protección continua de esos corredores y evitando cualquier acción que pueda fragmentarlos.
4.37 Se deberá favorecer y propiciar la regeneración natural de la unidad hidrológica, comunidad vegetales y animales mediante el restablecimiento de la dinámica hidrológica y flujos hídricos continentales (ríos de superficie y subterráneos, arroyos permanentes y temporales, escurrimientos terrestres laminares, aportes del manto freático), la eliminación de vertimientos de aguas residuales y sin tratamiento protegiendo las áreas que presenten potencial para ello.	SE CUMPLIRÁ. No se realizará el vertido de aguas residuales de ningún proceso hacia la comunidad de manglar colindante. Asimismo, no habrá afectación alguna de la dinámica hidrológica y flujos hídricos continentales, ni mucho menos vertimiento de aguas residuales.
4.38 Los programas de restauración de manglares deberán estar fundamentados científica y técnicamente y aprobados en la resolución de impacto ambiental, previa consulta a un grupo colegiado. Dicho proyecto deberá contar con un protocolo que sirva de línea de base para determinar las acciones a realizar.	**NO APLICA**. Dado que el Proyecto no realiza relleno, desmonte ni alteración alguna de la vegetación de manglar, no se activa la excepción prevista en este numeral. En consecuencia, se cumple esta disposición al abstenerse totalmente de cualquier intervención que pudiera requerir compensación.
4.39 La restauración de humedales costeros con zonas de manglar deberá utilizar el mayor número de especies nativas dominantes en el área a ser restaurada, tomando en cuenta la estructura y composición de la comunidad vegetal local, los suelos, hidrología y las	NO APLICA Al no existir afectación de manglar ni remoción de su vegetación, no es necesario implementar acciones de restauración. El Proyecto se limita a conservar el estado natural del manglar, lo que está plenamente alineado con el espíritu de este precepto.

condiciones del ecosistema donde se encuentre.	
4.40 Queda estrictamente prohibido introducir especies exóticas para las actividades de restauración de los humedales costeros.	NO APLICA por la razón expresada en el punto anterior. No habrá introducción de especies exóticas en ninguna etapa o construcción del Proyecto.
4.41 La mayoría de los humedales costeros restaurados y creados requerirán de por lo menos de tres a cinco años de monitoreo, con la finalidad de asegurar que el humedal costero alcance la madurez y el desempeño óptimo.	**SE CUMPLE,** Aunque no se efectuarán obras de restauración, el Proyecto incorpora desde su inicio un Subprograma de Monitoreo del Manglar que dará seguimiento continuo a los parámetros bióticos y abióticos del ecosistema costero. Dicho programa está diseñado para operar a lo largo del periodo que la autoridad determine en la autorización ambiental, asegurando la supervisión permanente de la salud del manglar.
4.42 Los estudios de impacto ambiental y ordenamiento deberán considerar un estudio integral de la unidad hidrológica donde se ubican los humedales costeros.	**SE CUMPLE**. Tal y como se describe en el Capítulo 4 de esta MIA-R
4.43[21] La prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22 y los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16 podrán exceptuarse siempre que en el informe preventivo o en la manifestación de impacto ambiental, según sea el caso se establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente.	En atención a este apartado, el Proyecto presenta un **Programa de Compensación y Monitoreo** que incluye: 1. Restauración y reforestación de matorral sarcocaule en las áreas intervenidas. 2. Instalación de un Subprograma de Monitoreo del Manglar con censos bióticos y verificación de parámetros abióticos. 3. Mantenimiento de los canales naturales y pasos de agua para asegurar la dinámica hidrológica. Con estas acciones, el Proyecto cumple anticipadamente los requisitos de la NOM-022-SEMARNAT-2003, garantiza la conservación de la comunidad de manglar y sus procesos ecológicos, y está plenamente legitimado para obtener la autorización de cambio de uso de suelo y la MIA, sin que exista riesgo de incumplimiento o de efectos adversos sobre el humedal costero.

[21] Adicionado mediante Acuerdo publicado en el D.O.F. el 7 de mayo de 2004.

3.16. CONCLUSIONES

El análisis integral de la normatividad y los instrumentos de política pública aplicables al Proyecto PLP permite afirmar que su diseño, planeación y futura operación se encuentran plenamente alineados con el marco jurídico nacional e internacional en materia ambiental. La vinculación desarrollada en el presente capítulo demuestra que el Proyecto no solo cumple con las disposiciones jurídicas obligatorias, sino que incorpora de manera preventiva, estratégica y técnica los principios de sustentabilidad, prevención del daño, adaptación al cambio climático, protección de la biodiversidad y uso racional de los recursos naturales, conforme a los estándares establecidos en tratados internacionales, normas nacionales y programas de ordenamiento ecológico.

En el plano internacional, el Proyecto se articula con instrumentos clave como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, la Agenda para el Desarrollo Sostenible, el Convenio sobre la Diversidad Biológica, el Acuerdo de Escazú, la Declaración de Río y el Protocolo de San Salvador, los cuales, conforme al artículo 133 constitucional, integran el orden jurídico mexicano y han sido considerados en el planteamiento técnico del Proyecto. Ello se refleja en acciones orientadas a la conservación de la biodiversidad, la prevención de impactos acumulativos y sinérgicos, la atención al cambio climático y el respeto al derecho humano a un medio ambiente sano.

A nivel nacional, se ha verificado el cumplimiento estricto de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General de Vida Silvestre, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental y, con especial profundidad, de la Ley General de Cambio Climático, destacando la congruencia del Proyecto con sus objetivos, principios y líneas de acción, tanto en materia de mitigación como de adaptación. Asimismo, se ha justificado la compatibilidad del Proyecto con los reglamentos vigentes, incluyendo el Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

De forma específica, el Proyecto respeta las disposiciones del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio y del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California, cumpliendo con los criterios de uso del suelo y actividades permitidas en la subunidad ambiental correspondiente. Adicionalmente, se ha acreditado que el desarrollo no se ubica dentro de la franja de protección de 100 metros respecto al manglar, en cumplimiento con la NOM-022-SEMARNAT-2003, y se ha realizado una vinculación técnica detallada con sus numerales, sin generar afectaciones a humedales costeros ni a procesos ecológicos asociados.

Finalmente, se ha demostrado que el Proyecto no agrava las problemáticas ambientales identificadas por las autoridades en la Región Marina Prioritaria ni en el Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA-93), ni representa riesgo alguno para sitios prioritarios, regiones hidrológicas o terrestres relevantes, ni para los Sitios RAMSAR. Por el contrario, al operar bajo un enfoque técnico, precautorio y sustentable, el Proyecto PLP se presenta como jurídicamente viable y ambientalmente congruente, acorde con el marco legal vigente y con los compromisos nacionales e internacionales asumidos por el Estado mexicano.

2025

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL. PUNTA LA PAZ



CAPÍTULO 4

DESCRIPCCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

Contenido

4.1. INTRODUCCIÓN 3

4.2. DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO 6

4.2.1. Sistema Ambiental Regional del Proyecto 6

4.2.1.1. Análisis integral ambiental 6

4.2.2. Límites del Sistema Ambiental Regional Terrestre y Marino 8

4.3. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL 11

4.3.1. Medio abiótico 11

4.3.1.1. Clima 11

4.3.1.1.1. Eventos climatológicos 16

4.3.1.2. Geología y geomorfología 20

4.3.1.2.1. Geología 20

4.3.1.2.2. Litología 27

4.3.1.2.3. Fallas y Zonas de Fracturación 29

4.3.1.2.4. Sismicidad 30

4.3.1.2.5. Susceptibilidad a Inundaciones 32

4.3.1.2.6. Topografía 33

4.3.1.2.7. Fisiografía 35

4.3.1.2.8. Tipo de Suelo 37

4.3.1.2.9. Prospección Geofísica 38

4.3.1.2.10. Condiciones hidroestructurales 50

4.3.1.3. Hidrología 52

4.3.1.3.1. Hidrología Superficial 54

4.3.1.3.2. Unidades geohidrológicas subterráneas 61

4.3.1.3.3. Hidrología subterránea 62

4.3.1.3.4. Calidad del agua 63

4.3.1.3.5. Perfiles geoquímicos 65

4.3.1.4. Descripción de la zona de referencia marino costera bahía y ensenada de la paz 67

4.3.2. Medio biótico 90

4.3.2.1. Vegetación 90

4.3.2.1.1. Caracterización de la Vegetación 93

4.3.2.1.2. Humedales y Manglar 104

4.3.2.2. Fauna 109

4.3.2.2.1. Especies marinas relevantes en la Bahía y la Ensenada de La Paz 117

4.3.3. Aspectos socioeconómicos 121

4.3.3.1. Localización regional 121

4.3.3.2. Población 121

4.2.2.3. Población que habla alguna lengua indígena 122

4.2.2.4. Inmigración extranjera 123

4.2.2.5. Vivienda y urbanización 123

4.2.2.6. Población Económicamente Activa (PEA) 125

4.2.2.7. Educación 127

4.2.2.8. Salud 128

4.2.2.9. Turismo 129

4.2.2.10. Economía 130

4.4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL 131

4.4.1. Análisis ambiental del SAR 131

4.4.1.1. Condición del SAR 134

CAPÍTULO 4. DESCRIPCCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

4.1. INTRODUCCIÓN

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental (REIA) señala en su Artículo 13 fracción IV que en la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad regional deberá describir el Sistema Ambiental Regional y señalar las tendencias del desarrollo y deterioro de la región. En cumplimiento a lo anterior, se presenta este capítulo, el cual tiene como objetivo delimitar, describir y analizar de manera integral el Sistema Ambiental Regional (SAR) que constituye el entorno en donde se plantea la inserción de las obras y actividades que se proponen para la construcción, operación y mantenimiento de un proyecto turístico hotelero y residencial “Punta La Paz”, en adelante denominado como “el Proyecto”, así como identificar los principales procesos relacionados con la estructura y función de los componentes ecológicos presentes y con ellos detectar los posibles efectos tanto positivos como negativos que pudieran generar el desarrollo del Proyecto en la región.

El Sistema Ambiental Regional (SAR) se define como el “espacio geográfico delimitado e integrado estructural y funcionalmente por varias unidades ambientales”. Bajo este concepto, el SAR es la región ecológica donde los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales, generados en las diversas etapas del proyecto, pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas, tal y como se establece en el inciso IV del artículo 11 del REIA.

La delimitación del SAR se realizó a partir del análisis de las interacciones presentes entre el proyecto y su medio circundante, de manera que sea posible conocer en qué medida las diferentes actividades y obras consideras por el Proyecto afectarán los atributos ambientales y, por otro lado, en qué sentido éstos últimos pueden tener interacción con las características de la infraestructura y el desarrollo de las actividades previstas del proyecto.

Para la integración de este capítulo, se tomaron en consideración los siguientes insumos:

- Información técnica generada por especialistas en cada uno de los temas (Tabla 4.1)
- Estudios de campo del área de estudio.
- Información obtenida de herramientas de alta precisión como datos de los productos LIDAR y levantamiento de fotografía aérea digital georreferenciada.
- Bibliografía disponible del sitio de interés.
- Datos cartográficos puestos a disposición por el INEGI.

Tabla 4.1. Anexos técnicos.

Anexo	Tema	Especialista / empresa	Especialidad
4.1	Caracterización Hidrológica, Hidrogeológica y Ecohidrológica para el Proyecto Punta La Paz	Investigación y Desarrollo de Acuíferos y Ambiente (IDEAS, S.A. de C.V.)	Hidrogeología, Hidrodinámica
4.2	Caracterización de Flora y Fauna	Soluciones Integrales Tecnológicas, Ambientales y Geográficas (SITAG)	Tecnológicas, Ambientales y Geográficas
4.5	Estudio de modelación numérica de escenarios de pluma de dispersión para la descarga de la planta desaladora	Investigación y Desarrollo de Acuíferos y Ambiente (IDEAS, S.A. de C.V.)	Hidrogeología, Hidrodinámica

A partir de la información obtenida, se realizó la corroboración de datos de campo, en sí como, se hizo una investigación y análisis de información de gabinete, con la finalidad de obtener la mayor cantidad de datos posibles e información precisa sobre temas tales como la fisiografía, vegetación y fauna para distintos niveles de extensión geográfica (Tabla 4.2). Esta información ha sido utilizada como parte fundamental para el planteamiento y diseño del Proyecto.

A lo largo del presente capítulo se conforma la caracterización física y biológica asociadas con el proyecto, mediante una serie de estudios técnicos y de campo (Ver anexos al capítulo) que se consideraron relevantes, desarrollados específicamente para el este proyecto. La información socioeconómica se obtuvo de la información pública disponible.

Tabla 4.2. Estructura general del contenido del Capítulo 4 del Proyecto.

<table>
<tr><th colspan="3">Contenido</th><th>Nivel de extensión territorial del área de estudio</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Delimitación del área de estudio</td><td rowspan="2">Fundamento de la delimitación geográfica de los niveles de estudio</td><td>Unidades Naturales / Paisajes Geomorfológicos.</td><td>Sistema Ambiental Regional</td></tr>
<tr><td>Polígono del predio donde se pretende el desarrollo del proyecto</td><td>Predio del Proyecto</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Descripción ambiental</td><td colspan="3">Caracterización del SAR</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Aspectos Abióticos</td><td rowspan="2">Geología</td><td>Región</td></tr>
<tr><td>Sistema Ambiental Regional</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Clima</td><td>Región</td></tr>
<tr><td>Sistema Ambiental Regional</td></tr>
<tr><td>Geomorfología</td><td>Región</td></tr>
</table>

Contenido			Nivel de extensión territorial del área de estudio
			Sistema Ambiental Regional
			Predio
		Hidrología subterránea y superficial	Sistema Ambiental Regional
			Predio
		Edafología	Sistema Ambiental Regional
			Predio
		Caracterización de ambientes marinos	Sistema Ambiental Regional marino
			Frente marino del predio
	Aspectos Bióticos	Vegetación terrestre	Sistema Ambiental terrestre Predio
		Fauna terrestre	Sistema Ambiental Regional
			Predio
		Caracterización de biota marina	Sistema Ambiental Regional marino
	Aspectos Socioeconómicos	Contexto regional	Región
Análisis Ambiental	**Diagnóstico Ambiental**		
	Condición Ambiental	Vegetación	Sistema Ambiental Regional
		Fauna	

4.2. DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO

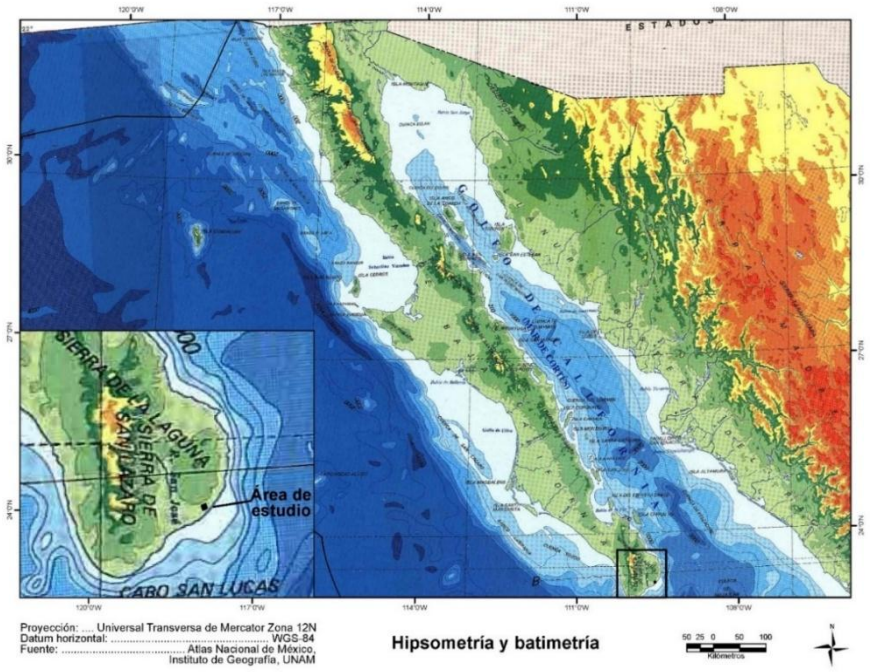
4.2.1. Sistema Ambiental Regional del Proyecto

4.2.1.1. Análisis integral ambiental

La península de Baja California está atravesada a todo lo largo por un amplio sistema montañoso, integrado por las sierras de Juárez y de San Pedro Mártir en el estado de Baja California y por la cordillera volcánica conocida como la Giganta en Baja California Sur. A los lados se extienden las llanuras costeras californianas orientales y occidentales (Figura 4.1).

La llanura costera oriental se caracteriza por ser estrecha, se extiende desde la sierra de Baja California Norte, San Pedro Mártir y La Giganta y el Golfo de California. Sus costas son principalmente rocosas o mixtas, al estar intercaladas por playas arenosas en lugares muy locales. La llanura costera occidental comprende desde la sierra de Baja California Norte y el océano Pacífico y desde la frontera con Estados Unidos hasta la región de Cabo San Lucas al sur de la península, la mayoría de la costa es rocosa con algunos sectores de playa mixta y playas bajas arenosas (Guerrero Negro y Punta Abreojos).

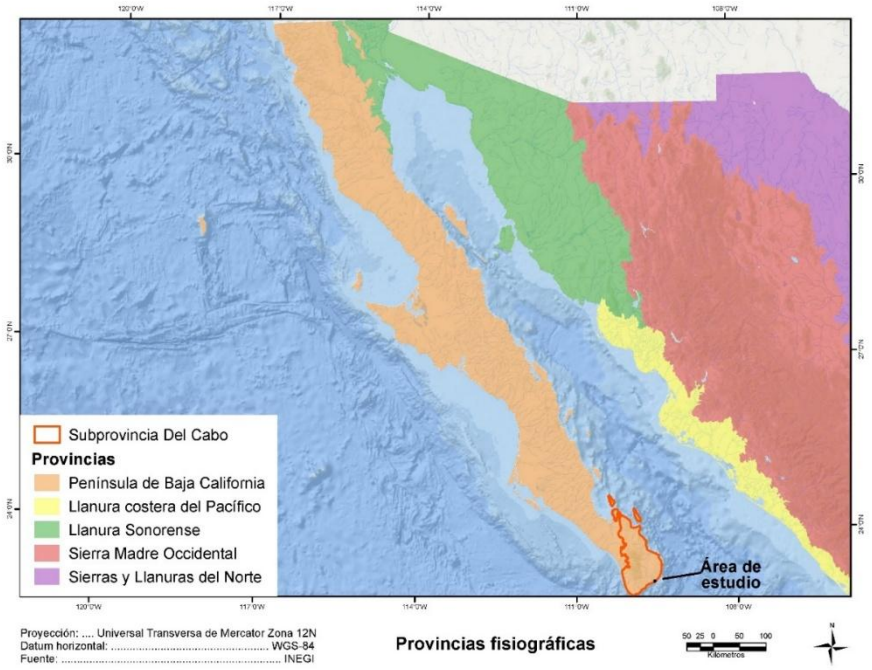
Figura 4.1 Hipsometría y batimetría de la Península de Baja California. fuente: Instituto de Geografía, UNAM.



La península en su totalidad es denominada “provincia fisiográfica Península de Baja California” (INEGI, 1991). A su vez se conforma por las subprovincias: Desierto de Altar, Sierras de Baja California Norte, Sierra de la Giganta y, las discontinuidades fisiográficas: Desierto de San Sebastián Vizcaíno, Llanos de la Magdalena y Del Cabo, en esta última se encuentra comprendido el predio del Proyecto.

La discontinuidad Del Cabo, está constituida por sierras de origen granítico, con elevaciones bajas de laderas tendidas, lomeríos aislados como lo refiere la descripción de sus topoformas y cuyos ejes se emplazan de norte a sur a diferencia de la cordillera peninsular que corre de NW a SE (INEGI, 1991) (Figura 4.2).

Figura 4.2 Provincias, subprovincias y discontinuidades de la Península de Baja California.



Fuente: INEGI, 1991.

Lugo-Hubp, 1990, realizó una descripción más detallada de las características de esta provincia, la cual se extiende a lo largo de 1300 km, con una orientación preferencial NE-SW, desde los límites con EU hasta la Región del Cabo. Su anchura varía de 40 a 225 km.

En toda la península predomina un relieve de tipo montañoso, bien diferenciado por los rasgos morfológicos, estructura geológica, edad y composición geográfica, lo cual permite dividirla en tres sistemas principales: el septentrional, el central y el meridional, en este último se ubica el predio del Proyecto.

El sistema meridional se caracteriza por un relieve que varía en altitud, disposición y estructura. A este sistema pertenece, la Región del Cabo, descrita por Hammond (1954) como una serie de elementos topográficos conformados por dos cinturones o ejes de “Tierras Altas” que corresponden a la Serranía del Cabo y Sierra de La Victoria y tres zonas de “Tierras Bajas”, que son los valles de La Paz, valle de Los Planes y valle de Santiago.

La península de Baja California está atravesada a todo lo largo por un amplio sistema montañoso, integrado por las sierras de Juárez y de San Pedro Mártir en el estado de Baja California y por la cordillera volcánica conocida como la Giganta en Baja California Sur. A los lados se entienden las llanuras costeras californianas orientales y occidentales.

4.2.2. Límites del Sistema Ambiental Regional Terrestre y Marino

El Sistema Ambiental Regional (SAR) se define como el “espacio geográfico descrito, delimitado e integrado estructural y funcionalmente por varias unidades ambientales” (SEMARNAT, 2012). En este sentido, el calificativo regional se manifiesta como parte de la región ecológica, concepto que se encuentra definido en el Artículo 3, fracción XXX de la LGEEPA como: la unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes. El SAR constituye la extensión geográfica donde los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales en conjunto, pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.

De acuerdo con lo anterior, a partir de la siguiente información cartográfica y documental se llevó a cabo la delimitación del SAR para el Proyecto, tomando en cuenta los siguientes criterios técnicos:

- Aspectos ambientales: Fisiografía, hidrogeología, geología, vegetación, ecosistemas sensibles etc.
- Aspectos legales y normativos vigentes: Áreas Naturales Protegidas (ANP) sujetas al régimen previsto en la Ley y los demás ordenamientos aplicables.
- Aspectos de origen antropogénico: Vías de comunicación, construcciones, etc.

El SAR donde se encuentra el polígono del predio se compone de un área total de 7.75 km^2 (Figura 4.3). Integra tanto componentes terrestres como marinos (Figura 4.5).

Su delimitación se realizó considerando factores clave como la cuenca hidrográfica, la topografía del terreno, las áreas naturales protegidas y los sitios RAMSAR.

Figura 4.3. Sistema Ambiental Regional.

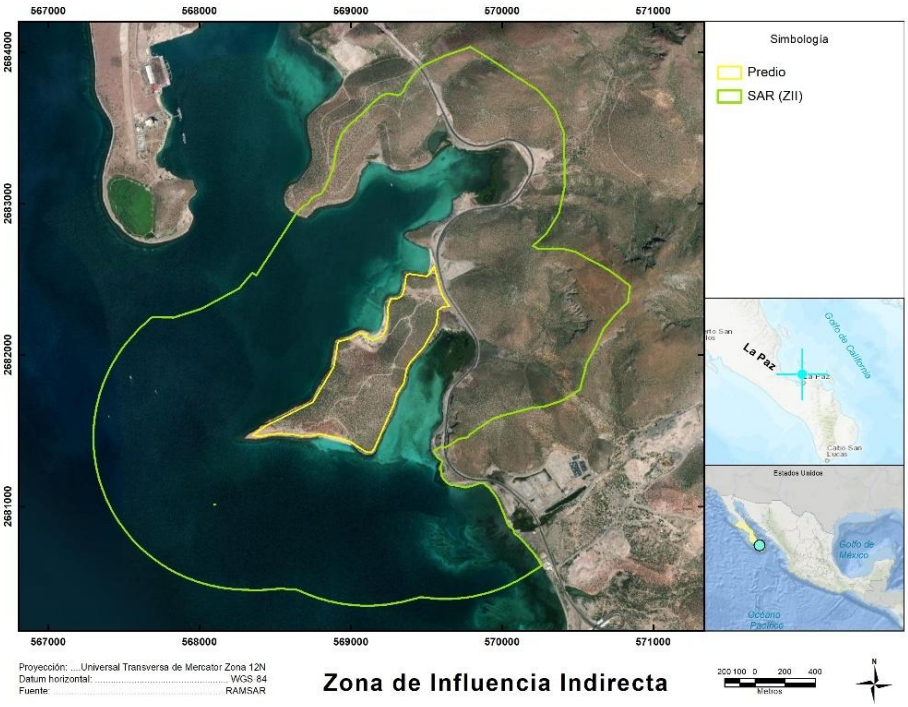
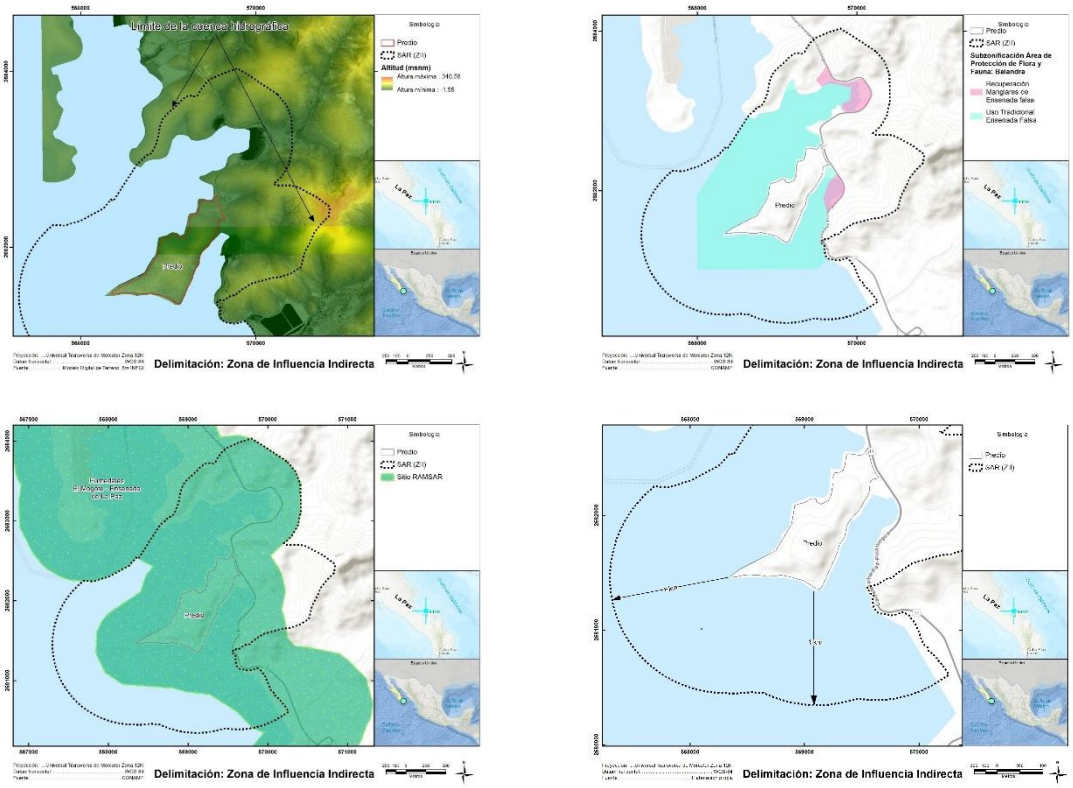


Figura 4.4. Información cartográfica y documental analizada para definir el SAR del Proyecto.



Con base en los antecedentes expuestos y en apego a los criterios ambientales y normativos aplicables, se establece la delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) para el presente proyecto en Baja California Sur. Esta delimitación responde a una integración metodológica que considera aspectos hidrológicos, ecológicos, geomorfológicos y de conservación, con el objetivo de garantizar una gestión territorial sostenible y la preservación de la funcionalidad ecológica del área.

Delimitación de la porción terrestre

La porción terrestre del SAR se ha definido a partir del límite de la cuenca hidrográfica correspondiente. La topografía del terreno constituye un elemento determinante en esta delimitación, ya que regula el escurrimiento superficial, los procesos de erosión y la conectividad ecológica entre los distintos ecosistemas terrestres. Esta aproximación permite identificar una unidad funcional coherente desde el punto de vista hidrológico y ecológico, facilitando la implementación de estrategias integradas de manejo ambiental.

Delimitación de la porción marina

En cuanto al ámbito marino, la delimitación se ha establecido con base en dos criterios complementarios:

- El límite de la subzonificación del Área Natural Protegida (ANP) correspondiente
- La extensión del Sitio RAMSAR reconocido en la zona

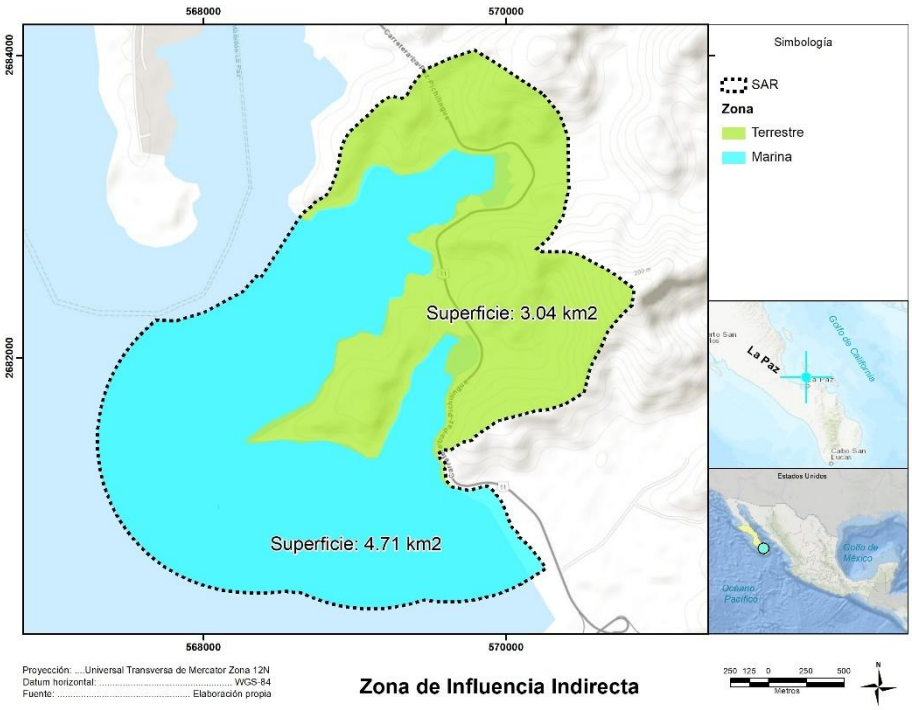
Estos criterios reflejan el alto valor ecológico del espacio marino incluido en el SAR, caracterizado por la presencia de ecosistemas costeros estratégicos como manglares, humedales y lagunas costeras. La inclusión de estas áreas garantiza la conservación de la biodiversidad, la integridad de los ecosistemas marino-costeros y la continuidad de los servicios ecosistémicos que estos proveen, tales como la protección contra tormentas, la captura de carbono y el hábitat para especies clave.

Integración del SAR

El SAR definido para este proyecto constituye una unidad ambiental integrada, en la que convergen elementos naturales con características homogéneas desde el punto de vista geológico, geomorfológico, florístico y paisajístico. Esta integración permite reconocer al SAR como una entidad funcional que trasciende los límites administrativos, orientada a la conservación de los procesos ecológicos esenciales y al aprovechamiento racional de los recursos naturales.

En suma, la delimitación del SAR responde a una visión ecosistémica que articula la cuenca hidrográfica, las áreas naturales protegidas y los ecosistemas marinos, bajo un enfoque de sostenibilidad y resiliencia ambiental.

Figura 4.5. Sistema Ambiental Regional terrestre y marino.



4.3. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

4.3.1. Medio abiótico

Es de relevancia mencionar que el análisis de los componentes abióticos y bióticos se realiza en forma integral en el ámbito del SAR y Proyecto, profundizando en aquellos elementos que sean notables por la interacción que pueda ocasionar la ejecución y operación de la obra proyectada.

4.3.1.1. Clima

La estación meteorológica de la Unidad Pichilingue de la UABCS, y estación SMN 00003026, Municipio de La Paz, Baja California Sur fue utilizada para los datos y obtención de información para el presente apartado ya que es la estación que se encuentra más cercanas al trazo del proyecto dentro del área de influencia del mismo.

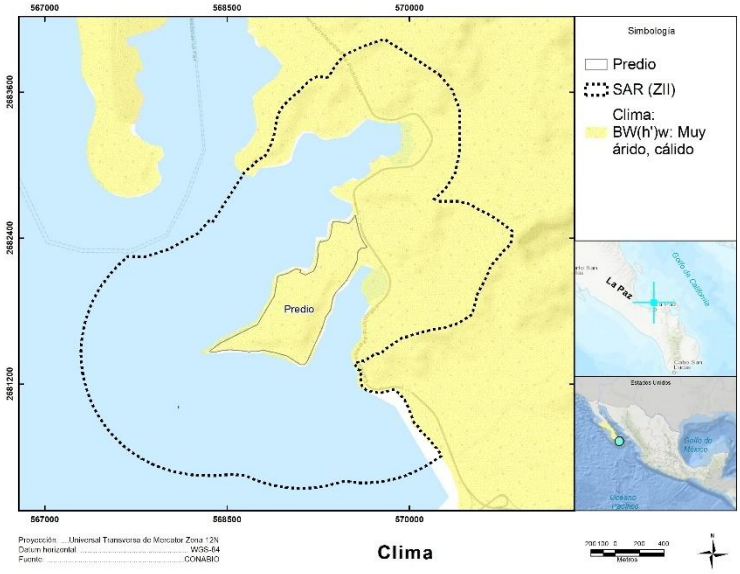
De acuerdo con el Conjunto de Datos Vectoriales de Unidades Climáticas del INEGI, en la SA se presenta un solo tipo de clima: **Muy árido, cálido BW(h') w** con temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frio mayor de 18°C; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Tabla 4.3. Efectos climáticos mayo - octubre

Tipo	Clave
Muy árido, cálido	BW (h') w

Muy árido, cálido BW(h') w. Es un subtipo climático que ocupa el 66.10 % de la superficie total de la zona y se encuentra ampliamente distribuido en el PDUCP sobre las porciones llanas; se caracteriza por que la temperatura media anual es mayor de 22° C, la temperatura del mes más frío mayor de 18° C; el mes más frío es enero con una media mensual entre 14. 8º y 16º C; la temperatura del mes más cálido ocurre en julio (30. 2º a 31. 7º C). Presenta régimen de lluvias de verano del 5 % al 10.2 %, las precipitaciones son escasas y fluctúan entre 55.9 y 91.6 mm.

Figura 4.6. Tipos de clima en el SAR.



Los climas cálidos cubren la totalidad de la planicie costera, así como algunos valles y cañones situados entre la zona montañosa.

Respecto al comportamiento de la precipitación a lo largo del año, se ha reportado que la mayor parte del año se encuentra por debajo de los 15 mm, a excepción de los meses de julio, agosto y septiembre donde se presentan precipitación hasta de 66 mm. La precipitación media mensual para la zona de estudio, observando que el estiaje se presenta a partir del mes de febrero hasta el mes de junio, mientras que la temporada de lluvias se presenta de julio a enero siendo la incidencia de lluvia más intensa en los meses de agosto a septiembre, con registros máximos en el mes de septiembre mayores a los 66.5 mm.

Con base en la red de estaciones climatológicas localizadas en el estado de Baja California Sur, la cual es operada por la Comisión Nacional del Agua, se ubicaron las estaciones en la zona del proyecto Punta La Paz. La estación más cercana al sitio de proyecto es La Paz-DGE (3074), y las más próximas a la cuenca son La Paz Observatorio (3026), El Cajoncito (3011), Lagunillas (3023), Quemado (3195), Los Robles (3104) y Buenavista Sur (3194).

En la Tabla 4.4 se presenta un resumen de las estaciones mencionadas, indicando su localización y la elevación respecto al nivel del mar, de acuerdo con la página del Servicio Meteorológico Nacional.

Tabla 4.4. Estaciones climatológicas analizadas.

Estación	Coordenadas		Elevación (msnm)
	Lat. Norte	Long. Oeste	
La Paz-DGE (3074)	24°08'05”	110°20'10”	16
La Paz Observatorio (3026)	24°07'00"	110°19'00"	10
El Cajoncito (3011)	24°08'45"	110°12'20"	200
Lagunillas (3023)	24°01'18"	110°21'19"	40
Quemado (3195)	24°03'08"	110°12'04"	390
Los Robles (3104)	24°02'10"	110°07'30"	665
Buenavista Sur (3194)	23°58'50"	110°09'00"	400

Para obtener la lluvia media en la cuenca, se aplicó el método de los polígonos de Thiessen.

Polígonos de Thiessen

El método de los polígonos de Thiessen, consiste en asignar a cada estación una zona de influencia limitada por rectas que bisecan a las líneas que unen las estaciones más próximas entre sí y que son normales a dichas líneas y por el parteaguas de la cuenca. De este modo se forman los llamados polígonos de Thiessen (Figura 4.7). La lluvia media se calcula entonces como un promedio pesado de las precipitaciones registradas en cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente, esto se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T}\sum_{i=1}^{n} A_i h_{pi}$$

Donde:

$\overline{h_p} = Lluvia\ media\ buscada\ (mm)$

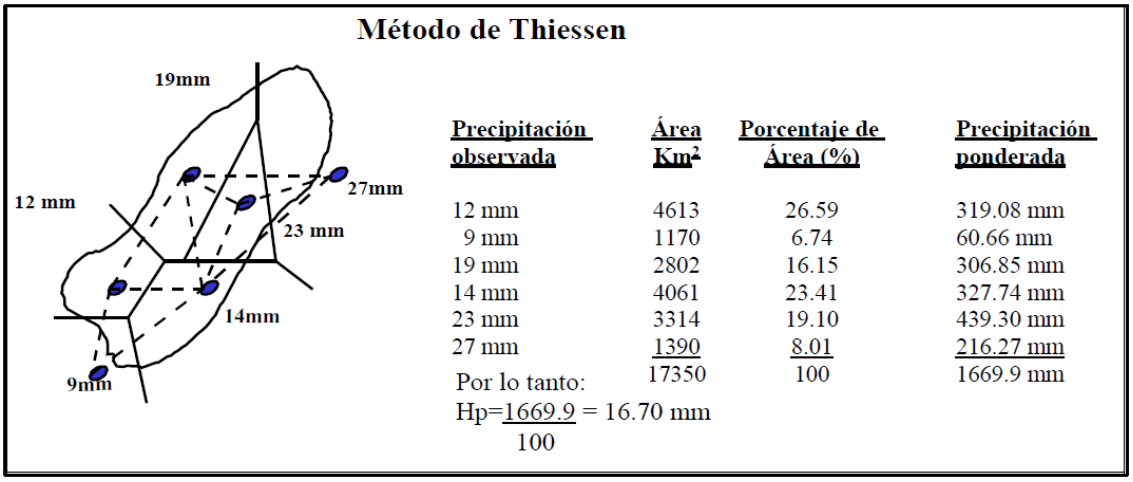
$A_T = Área\ total\ de\ la\ cuenca\ (km^2)$

$n = Número\ de\ estaciones$

$A_i = Área\ de\ influencia\ de\ la\ estación\ i\ (\%)$

$h_{pi} = Precipitación\ de\ la\ estación\ i\ (mm)$

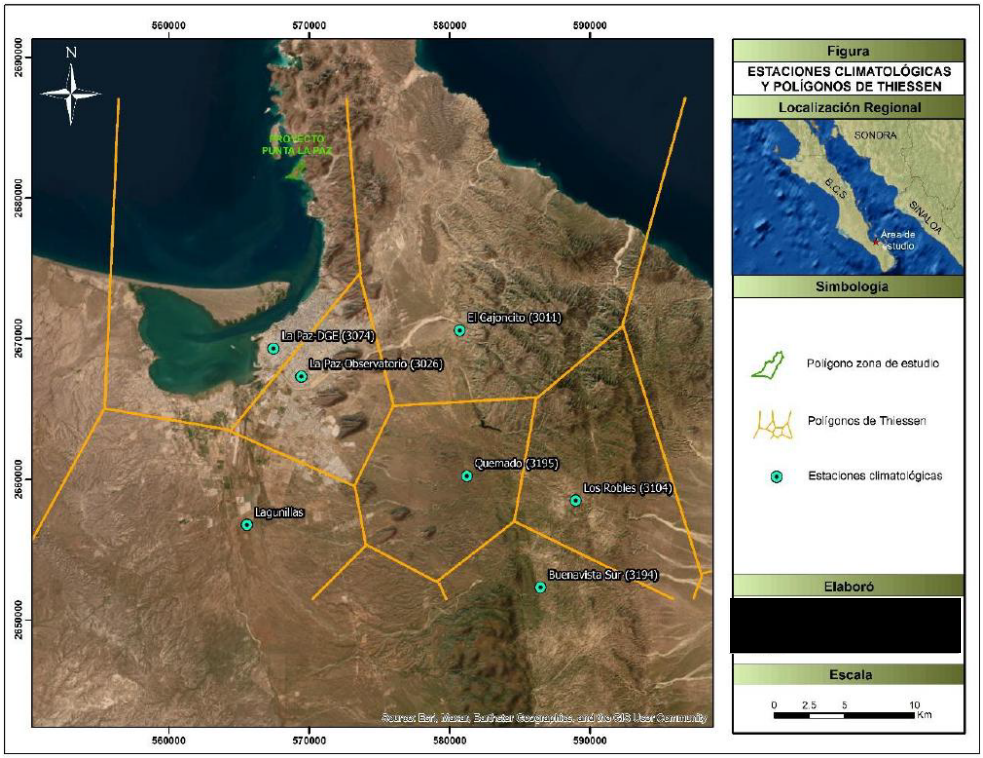
Figura 4.7. Lluvia media con el método de Thiessen (ejemplo).



El método de los polígonos de Thiessen sí toma en cuenta la distribución de las estaciones en el área de la cuenca, pero no los factores topográficos y de otro tipo que afectan a la distribución de la lluvia; este método es, sin embargo, más conveniente que el de las isoyetas, desde el punto de vista práctico, particularmente para cálculos repetitivos como cuando se analiza una gran cantidad de tormentas, pues los polígonos no cambian a menos que se agreguen o eliminen estaciones.

En la Figura 4.8 se presentan las estaciones climatológicas y los Polígonos de Thiessen en la zona de estudio.

Figura 4.8. Estaciones climatológicas y Polígonos de Thiessen.

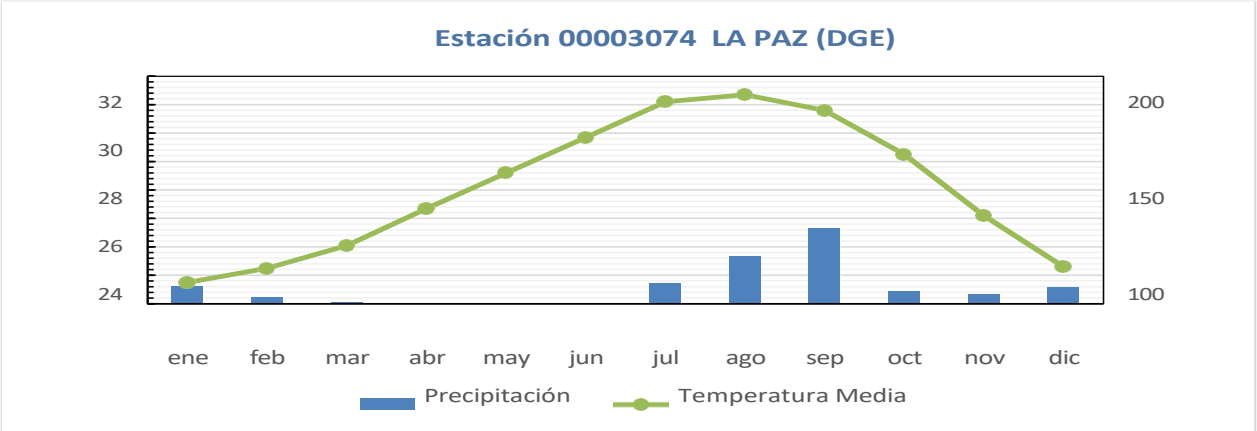


Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025).

Con base en los Polígonos de Thiessen, la estación con influencia en la zona del proyecto es La Paz-DGE (3074), con un 100%, por lo que se utilizaron sus datos en el análisis hidrometeorológico de las microcuencas. Los períodos con datos faltantes fueron complementados a partir de la información de las estaciones vecinas más próximas, utilizando el método del U.S. National Weather Service.

Considerando los datos de la estación La Paz-DGE, con la serie completa para el período 1965 a 2024, se obtuvieron las variables climatológicas, tales como precipitación y temperatura.

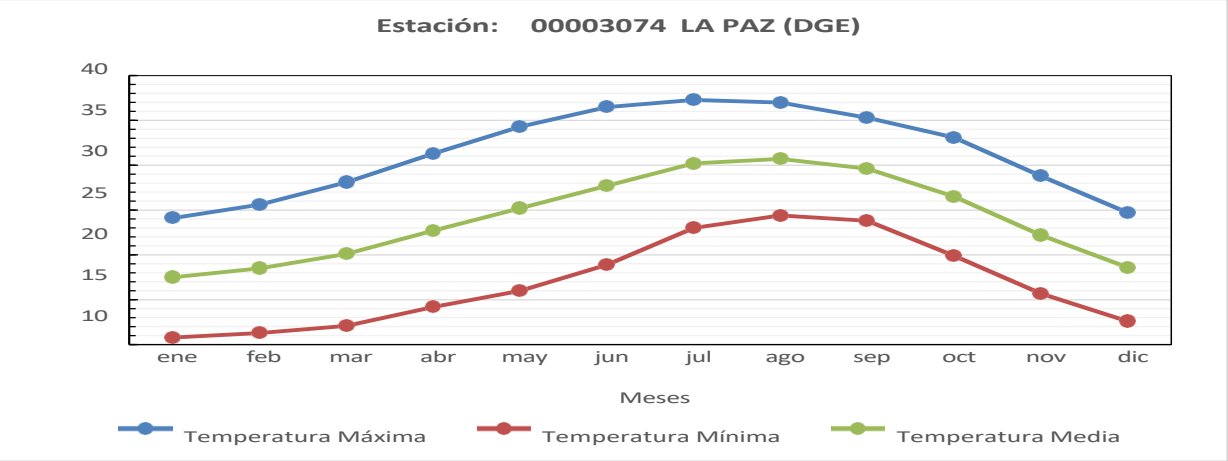
Figura 4.9. Precipitación de acuerdo a la estación 00003074 LA PAZ.



Fuente: Comisión Nacional del Agua CONAGUA. Red de estaciones climatológicas. 2010. México.

De acuerdo a la información de la estación climatológica indican que en la zona en estudio se presenta una temporada de calor de junio a septiembre con temperaturas medias mensuales de 27.0, 29.0, 29.2 y 28.0 °C y, una temporada de frio que inicia en diciembre, continúa en enero y febrero con reportes de temperaturas de 18.8, 18.0 y 18.4 °C respectivamente.

Figura 4.10. Temperaturas de acuerdo a la Estación 00003074 LA PAZ.



Fuente: Comisión Nacional del Agua CONAGUA. Red de estaciones climatológicas. 2010. México.

En la Tabla 4.5 se presenta los datos de lluvias totales y temperaturas medias anuales; **la precipitación media es de 186.7 mm y la temperatura media es de 24.2°C.**

Tabla 4.5. Precipitación total y temperatura media en la zona de estudio.

Año	Lluvia media (mm)	Temp media (°C)	Año	Lluvia media (mm)	Temp media (°C)
1965	129.5	23.5	**1995**	104.2	24.1
1966	205.1	23.1	**1996**	168.5	24.4
1967	94.4	23.4	**1997**	174.1	25.2
1968	133.3	23.1	**1998**	257.9	24.8
1969	107.7	23.3	**1999**	50.8	24.6
1970	75.3	23.5	**2000**	91.0	24.1
1971	139.2	23.0	**2001**	319.3	24.1
1972	365.0	24.0	**2002**	123.9	25.1
1973	121.0	22.8	**2003**	304.1	25.4
1974	167.0	22.5	**2004**	157.2	25.1
1975	106.1	21.8	**2005**	153.5	25.4
1976	368.8	22.3	**2006**	179.6	26.0
1977	38.5	22.9	**2007**	125.9	25.2
1978	113.0	23.2	**2008**	130.4	25.7

Año	Lluvia media (mm)	Temp media (°C)	Año	Lluvia media (mm)	Temp media (°C)
1979	205.2	22.2	**2009**	191.1	26.0
1980	62.1	23.3	**2010**	27.6	25.2
1981	219.8	23.3	**2011**	48.7	25.5
1982	357.3	22.8	**2012**	286.3	25.6
1983	274.5	22.9	**2013**	170.9	25.6
1984	481.6	22.8	**2014**	301.6	26.8
1985	56.8	22.4	**2015**	231.2	26.0
1986	198.5	23.0	**2016**	174.9	26.2
1987	124.1	22.6	**2017**	521.2	26.1
1988	35.0	22.6	**2018**	362.5	26.2
1989	242.2	22.8	**2019**	191.0	25.5
1990	222.0	22.5	**2020**	88.7	26.0
1991	214.8	22.6	**2021**	207.8	25.5
1992	134.4	24.2	**2022**	135.5	25.2
1993	189.6	24.1	**2023**	523.8	25.8
1994	197.7	24.6	**2024**	17.2	25.7
			Promedio	**186.7**	**24.2**

4.3.1.1.1. Eventos climatológicos

En el área de estudio del Proyecto, ubicada en el municipio de La Paz, BCS, el desplazamiento de los vientos, tienen una dirección del sureste por las mañanas y de suroeste por la tarde, este desplazamiento se presenta en primavera - verano, en otoño se presentan del sur y suroeste y en invierno cambia la dirección y se presentan de norte y del noroeste, la información de vientos dominantes se tomó de las estaciones meteorológicas cercanas, así como consulto los datos del Aeropuerto de La Paz.

Fenómenos climatológicos Debido a la ubicación geográfica cuenca hidrológico-forestal y al tipo de clima predominante la incidencia de fenómenos especiales como tormentas eléctricas, granizo y niebla en el área de estudio son casi nulos como se resumen en la siguiente Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Fenómenos climatológicos en el entorno del proyecto.

Estación	No. de días promedio por año		
3023 lagunillas	Tormenta eléctrica	Granizo	Niebla
	0.2	0	0.1

Los huracanes que afectan la península de Baja California se forman en aguas tropicales de la cuenca oriental del Pacífico Norte. La productividad de esta área para la iniciación y generación de depresiones tropicales, tormentas, y huracanes, es mayor que la de la

cuenca occidental del Atlántico Norte, y es la segunda después del Océano Pacífico Occidental.

La mayoría de los huracanes inician como perturbaciones tropicales entre las latitudes 10°N y 18°N y entre las longitudes 95°O y 110°O. Después de su formación inicial, las tormentas tropicales y huracanes se mueven con dirección oeste-noroeste hacia aguas abiertas del Océano Pacífico. Sin embargo, una porción de estas tormentas y huracanes siguen una trayectoria con dirección norte-noroeste hacia la península de Baja California y suroeste de los Estados Unidos. Varias de las tormentas que se generan en la cuenca oriental del Pacífico Norte con una trayectoria hacia el norte entran al Golfo de California trayendo consigo enormes cantidades de humedad. Algunos huracanes en su trayectoria hacia el norte pueden virar, ya sea hacia la península, al macizo continental, o al suroeste de los Estados Unidos.

El ciclo de vida completo de un huracán puede ser de 1 a 10 días antes de que se disipe, aunque pueden existir excepciones[1]. La península de Baja California y particularmente su extremo sur, es una de las zonas más afectadas por la incidencia de huracanes y otros eventos hidrometeorológicos. Existe un registro razonablemente completo de tormentas tropicales y huracanes generadas en la cuenca oriental del Pacífico Norte existe para el periodo de 1949-2008 a partir del cual se obtuvo la trayectoria de dichos eventos. El análisis de las trayectorias de ciclones ocurridos entre 1962 y 1979 indica un promedio de 13.9 tormentas por año, de las cuales 5.3 tocan las costas de México o pasan a menos de 100 Km de estas[2].

El período de retorno de ciclones que tocan tierra en Baja California Sur es de 2 años para tormentas tropicales, 6 para huracanes de categoría 1, 8 para los de categoría 2, 12 para la categoría 3, 22 para la 4 y de 30 años para la categoría 5 (Peredo, et al., 1998). El análisis de datos históricos de huracanes en el Pacífico Tropical durante el período 1949- 1999 muestra que en promedio se generan 14 ciclones en esta región cada año, siendo 1992 el año en que ocurrió el mayor número (28 ciclones). Alrededor de un 52% de las tormentas tropicales pasan a categoría de huracán, esto es, alcanzan una velocidad de viento por arriba de los 117 km/h. Los meses en los cuales son más frecuentes las perturbaciones tropicales son julio, agosto y septiembre, sin embargo, el mes en el cual Baja California Sur se ve más afectada es septiembre.

La distribución espacial de las trayectorias de las tormentas tropicales muestra que la región con mayor presencia de huracanes es la comprendida entre los 105º y los 110º W y los 15º y 20º N a una distancia aproximada de 400 km de las costas de México. Los huracanes se pueden separar en dos grupos: aquellos que recurvan hacia el oeste antes de los 20º N y que por lo tanto no afectan las costas del sur de la península y los que continúan su trayectoria, entrando en el radio de afectación de dicha región. Se muestran a continuación todas las tormentas y huracanes que han pasado en un radio de 80 km del área de estudio en los últimos 70 años y que fueron reportados por el departamento de Manejo Costero de la NOAA (Office for Coastal Management).

A continuación, se muestra una tabla con el registro y características de todas las depresiones (29 en total) que cruzaron dentro de 80 km sobre el área de estudio.

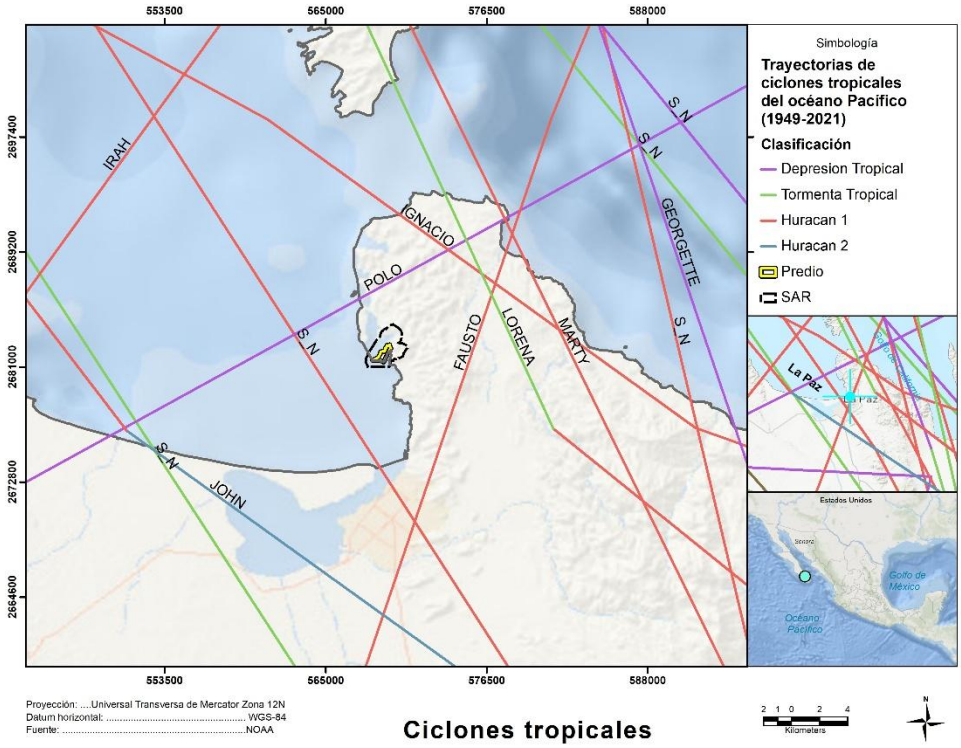
[1] Martínez-Gutiérrez, G., & Mayer, L. (2004). Huracanes en Baja California, México, y sus implicaciones en la sedimentación en el Golfo de California. GEOS, 24(1), 57–64.
[2] Jáuregui, E. (1981). Algunos aspectos de las fluctuaciones pluviométricas en México en los últimos cien años. *Boletín del Instituto de Geografía*, 9, 39–64.

Posteriormente se muestra una figura con la trayectoria de los 29 registros. Los colores de las trayectorias hacen referencia a la clasificación que adquieren los ciclones según sus características. Los eventos “UNNAMED” son antiguos y no tienen datos completos, por lo que se estiman trayectorias en base a reportes locales.

Tabla 4.7. Listado histórico de ciclones tropicales según la escala Saffir-Simpson.

	Año	Nombre	Duración	Categoría	Presión (km/hr)	Vientos
1	1951	Unnamed	Nov 27 a Nov 30	TS		83
2	1955	Unnamed	Oct 01 a Oct 04	TS		83
3	1958	Unnamed	Sep 11 a Sep 12	H1		139
4	1958	Unnamed	Sep 30 a Oct 06	H1		83
5	1959	Unnamed	Sep 04 a Sep 11	H1		139
6	1960	Diana	Aug 17 a Aug 20	H1	987	93
7	1962	Doreen	Oct 01 a Oct 05	H1		139
8	1968	Hyacinth	Aug 17 a Aug 21	TS		83
9	1976	Liza	Sep 25 a Oct 02	H4	971	222
10	1978	Paul	Sep 23 a Sep 27	TS		74
11	1981	Irwin	Aug 27 a Aug 31	TD		83
12	1981	Lidia	Oct 06 a Oct 08	TS		83
13	1982	Paul	Sep 18 a Sep 30	H2		176
14	1986	Newton	Sep 18 a Sep 30	H1		139
15	1986	Paine	Sep 28 a Oct 02	H1		157
16	1988	Debby	Aug 31 a Sep 08	TD	987	120
17	1989	Kiko	Aug 25 a Aug 29	H3	955	194
18	1990	Rachel	Sep 27 a Oct 03	TS	994	102
19	1993	Unnamed	Jun 27 a Jul 02	TD		56
20	1993	Calvin	Jul 04 a Jul 09	H2	966	176
21	1995	Ismael	Sep 12 a Sep 15	H1	984	130
22	1998	Isis	Sep 01 a Sep 03	TS	988	120
23	2000	Miriam	Sep 15 a Sep 17	TD	1004	65
24	2003	Ignacio	Aug 22 a Aug 27	H1	970	167
25	2003	Marty	Sep 18 a Sep 26	H1	970	157
26	2006	John	Aug 28 a Sep 04	H2	950	213
27	2007	Henriette	Aug 30 a Sep 06	H1	972	139

Figura 4.11. Ciclones tropicales cercanos al área del proyecto



Es una sobreelevación del nivel medio del mar, cerca de la costa, que se suma a la marea astronómica. Se debe a que al incidir en las aguas oceánicas vientos fuertes dirigidos hacia la costa, producen una fuerza cortante que además del oleaje, provoca la sobre elevación del nivel medio del mar. Debido a la estructura giratoria de los vientos de huracán, la marea de tormenta (en el hemisferio norte) es mayor en el lado delantero o derecho de la trayectoria del huracán. Una marejada de tormenta es un domo inmenso de agua impulsado hacia la costa por los vientos de un huracán o una tormenta tropical. Las marejadas de tormentas pueden alcanzar 25 pies de alto y ser de 50 a 100 millas de ancho. La marea en una tormenta es una combinación de la marejada y la marea normal (esto es, un oleaje de 15 pies combinado con una marea alta normal de 2 pies sobre el nivel medio del mal crea una marejada de 17 pies). Estos fenómenos causan una erosión severa y daños extensos en las áreas costeras.

A pesar de la mejora en las advertencias y una menor pérdida de vida, los daños a la propiedad continúan en aumento debido a un creciente número de gente que reside o pasa las vacaciones cerca de las costas. Las personas en áreas propensas a huracanes necesitan prepararse para los huracanes y las tormentas tropicales.

4.3.1.2. Geología y geomorfología

4.3.1.2.1. Geología

La provincia geológica que engloba al Estado de Baja California Sur; de acuerdo con la nueva nomenclatura de Ortega (1991), forma parte de las provincias geológicas: (32) Cuenca de Vizcaíno-Purísima, (33) Cinturón Orogénico Cedros- Vizcaíno, (34) Faja Volcánica La Giganta y el (35) Complejo Plutónico de La Paz, compuesta por rocas metamórficas, ígneas extrusivas e intrusivas y sedimentarias.

Además, la República Mexicana queda comprendida dentro de la porción sur de la cordillera norteamericana, la cual está formada por un mosaico de bloques corticales de diferente naturaleza limitados por fallas. Estos bloques se distinguen entre sí por su particular estratigrafía y arreglo estructural interno, característico de cada uno de ellos. Estos elementos fueron propuestos por Campa y Coney (1983), como "Terrenos Tectonoestratigráficos". En el Estado de Baja California Sur, convergen los terrenos Vizcaíno, Guerrero y Guerrero-Vizcaíno (cubierta compartida volcánico-sedimentaria).

Al Terreno Vizcaíno, se le relacionó anteriormente como terreno Franciscan, se encuentra desde la parte norte del estado, desde la población de Bahía Tortugas hasta la isla Santa Margarita, formando un cinturón alargado de orientación NW-SE, sobre la costa del Océano Pacífico; constituida por el Melange Puerto Nuevo (**TRs AF**), Complejo Ofiolítico (**Ji D-Ga**), Fm. San Hipólito, compuesta por una alternancia de calizas y areniscas (**TRsJi Cz-Ar**), granitos (**Js Gr**), gabros (**Ks Ga**), el Arco Volcánico Plutónico San Andrés-Cedros constituido por andesitas, tobas andesíticas y brechas volcánicas andesíticas (**JiKi A-TA-BvA**) y por las Formaciones. Eugenia con intercalaciones de lutitas, areniscas y conglomerados (**JsKn Lu-Ar-Cgp**), Asunción con intercalaciones de areniscas, lutitas y conglomerados (**Ki Ar- Lu- Cgp**) y Perforada compuesta por areniscas, lutitas y limolitas intercaladas (**Ki Ar- Lu- Lm**).

El Terreno Guerrero, anteriormente Terreno Alisitos, se presenta en tres localidades aisladas al norte sobre el paralelo 28º, en la isla San José y sobre la costa en áreas aledaña al poblado de Tembabiche y está constituida por parte del grupo Alisitos con andesitas y brechas volcánicas andesíticas (**Kapa A-BvA**) sobre la parte norte y por la Formación Los Pargos compuestas por lutitas y areniscas (**JiKa Lu-Ar**) al sur, en áreas aledañas al poblado de Tembabiche, y rocas sedimentarias metamorfizadas, localizada en la parte sur del estado desde el istmo de La Paz hasta los Cabos, compuesto por el esquisto Julián o Formación San Telmo (**TRsJm E-Mar-Ma**), e intrusionadas por granitogranodiorita (**KsGr-Gd**), gabro (**KsGa**), granodiorita-tonalita (**Ks Gd-Tn**).

Sobre las secuencias anteriores se depositó una cubierta compuesta de sedimentos y volcanismo del Terciario con mayor cantidad de paquetes sedimentarios, que tienen su mayor auge en el Mioceno, comprendido dentro del terreno Guerrero-Vizcaíno, (cubierta compartida volcano-sedimentaria) abarca casi todo el estado desde el paralelo 28º hasta el istmo de La Paz en una franja de orientación NW-SE y está constituido por las Formaciones: Valle-Valle Salitral compuesta por intercalaciones de areniscas, limolitas y conglomerado (**Ks Ar-LmCgp**), Tepetate-Bateque con areniscas, limolitas y conglomerados intercalados (**TpaeAr-Lm-Cgp**), El Salto compuesta por areniscas y tobas riolíticas (**ToAr-TR**).

San Gregorio con lutitas y areniscas (**TomLu-Ar**), San Isidro constituida por una alternancia de arenisca, limonita y conglomerados (**TmAr-Lm-Cq**), Comondú secuencia volcano-sedimentaria compuesta por intercalaciones de arenisca, conglomerado, tobas riolíticas y

derrames de andesita, dacita y basaltos (**TomArCgp-TR**, **Tm Ar-A**, **TmTR-Da-A**, **Tm Cgp-Ar** y **Tm B**), Tortugas con areniscas y lutitas (**Tm Ar-Lu**), Calera con areniscas y conglomerados (**Tm Ar-Cgp**), Boleo con intercalaciones de arenisca, limonita y conglomerados (**Tm Ar-Lm-Cgp**) Almejas-Salada, Los Barriles compuesta por arenisca y limolitas (**Tmpl Ar-Lm**), Los Barriles-Trinidad-El Refugio alternancia de areniscas, lutitas y conglomerados (**Tmpl Ar-Lu-Cgp**), Gloria con areniscas y limolitas (**Tpl Ar-Lm**), Infierno con arenisca y conglomerados (**Tpl Ar-Cgp**), El Chorro compuesta por conglomerado y arenisca (**TplQpt Cgp-Ar**), Santa Rosalía con arenisca y conglomerados (**ArCgp-Cq**) y el Grupo Tres Vírgenes con tobas dacíticas, tobas riolíticas y derrames de andesita, dacita y basaltos (**Qpt TDa-TR-R**, **QptA-Da**, **QptB**, **Qpt Pu**, **Qpt BvA**, **Qpt A** y **Qpt B-A**) y coronando a las secuencias anteriores en algunas zonas se tiene: conglomerados, areniscas, limolitas y coquinas (**Qpt Cgp-Ar**), (**Qpt Cgp**), (**Qpt Ar-Lm**), (**Qpt Cq-Ar**) y (**Qpt Ar**); así como por material residual y recientes compuestos por litoral, lacustre, eólico y aluvial (**Qho li**, **Qho la**, **Qho eo** y **Qho al**, con intrusiones de pórfidos riodacíticos (**Tm PRd**), pórfidos dacíticos (**Tm PDa**), pórfidos andesíticos (**Tm A**), pórfidos riolíticos y tonalitas (**Tm Tn**).

La geología del área de estudio, está representada por rocas ígneas intrusivas, secuencias sedimentarias y depósitos continentales que varían en edad del Cretácico inferior al Holoceno. integradas por las siguientes unidades litológicas, descritas a continuación, de la más antigua a la más reciente (Figura 4.12). De acuerdo con el Conjunto de Datos Vectoriales de Geología del INEGI, la clase geológica más abundantes en el Sistema Ambiental es: roca ígnea extrusiva (Volcanoclástico).

Cretácico Superior (KsTn), (KsGr).

Se tienen dos unidades intrusivas representadas por una tonalita (KsTn) y granito (KsGr). La tonalita aflora hacia las porciones centro centro-sur y noreste-este de la carta geológica (G12-D83)., bordeando al macizo cristalino de composición granítica, formando los flancos de la sierra Las Cruces. En su mesostasis se le observa foliación magmática manifestada por el alineamiento preferencial de los minerales que la componen. Su textura es de grano grueso y su relación estratigráfica con el granito es cortante.

El granito aflora en el centro de la carta cubriendo una superficie considerable. Su textura es de grano grueso, color rosado, forma la parte central de la sierra Las cruces. Se le ha considerado una edad del Cretácico Superior. Ambos intrusivos son cortados por diques de textura pegmatítica y aplítica de composición granítica, dispuestos en diferentes direcciones y originados por magmas residuales tardíos.

Terciario- Oligoceno (ToAr-Cgp), (ToCgp), (ToAr).

El Oligoceno está representado por una secuencia litológica constituida, de la base a la cima, por arenisca-conglomerado polimíctico (ToAr-Cgp), conglomerado polimíctico (ToCgp) y arenisca (ToAr). Los afloramientos de la arenisca y conglomerado polimíctico (ToAr-Cgp), están restringidos en el límite sur-centro de la carta, caracterizados por arenisca de color rojizo, en una alternancia de capas con fragmentos de tamaño de arena mediana. De manera interdigitada se tienen capas de conglomerado polimíctico conformado por fragmentos de rocas metamórficas y graníticas del tamaño de las gravas. Como un cambio de facies, se tiene un conglomerado polimictico (ToCgp), que aflora principalmente en la parte norte, así como dos pequeños afloramientos en el límite sur-centro de la carta, formando lomeríos con pendientes bajas y cerros aislados.

Hacia la parte sur está sobreyaciendo a la unidad de arenisca y conglomerado polimíctico, de manera concordante y transicional, mientras que hacia la parte norte está en contacto, discordante, sobre el granito. Esta unidad es de color café oscuro, rojizo en superficies intemperizadas, de textura de grano grueso a muy grueso, subredondeado, con imbricación sedimentaria hacia el oeste, con matriz escasa y compuesta por arena y arcillas. Se caracteriza por estar compuesta por clastos de andesita, toba, granito, conglomerado, cuarzo lechoso y caliza silicificada. De manera concordante y transicional se tiene arenisca (ToAr), aflora en la parte central-oeste de la carta. Es de origen eólico, de color rojizo a blanco, presenta estratificación cruzada, está compuesta principalmente por fragmentos de cuarzo bien seleccionado, del tamaño de arenas finas. La secuencia de areniscas se distribuye en afloramientos aislados. Se ha estimado una edad del Oligoceno para esta secuencia litológica.

Terciario- Mioceno (TmBvA-Cgo), (TmAr-Cgo), (TmRd), (TmB).

El Mioceno está representado por cuatro unidades: brecha volcánica andesítica y conglomerado oligomíctico (TmBvA-Cgo), aflora en la porción noroeste de la carta y no se observa su base, consiste de fragmentos de rocas andesíticas y basálticas en una matriz de arena, con buena cementación. La edad de la unidad es Mioceno temprano, de acuerdo a fechamientos K-Ar (Hausback, 1984). De manera interdigitada con la unidad anterior se tiene una secuencia volcanoclástica constituida por arenisca y conglomerado oligomíctico (TmAr-Cgo), sobreyace a la brecha con contactos irregulares, aflora en todo el extremo oeste de la carta, la secuencia está constituida de arenisca volcánica, conglomerado oligomíctico y tobas pumicíticas intercaladas, concordantes entre sí. La edad de esta secuencia es Mioceno temprano (Hausback, 1984). La riodacita (TmRd) forma mesetas que cubren las cimas de cerros aislados en el sector oeste, centro-oeste y porción suroeste de la carta. La edad de este derrame es de 19.2±0.5 Ma, obtenida mediante K-Ar (Hausback, 1984). El basalto (TmB), contemporáneo a la riodacita, aflora en la parte oeste de la carta en forma de cerros aislados, sin que pueda ser distinguida su base.

Localmente, está representado por brecha volcánica andesítica y conglomerado oligomíctico que consiste de fragmentos de rocas andesíticas y basálticas en una matriz de arena. interdigitada con la unidad anterior se presenta una secuencia vulcanoclástica constituida por areniscas y conglomerado oligomíctico, sobreyace a la brecha con contactos irregulares, la secuencia está constituida de arenisca volcánica, conglomerado oligomíctico y tobas pumicíticas intercaladas concordantes entre sí. Se presentan también riodacitas en forma de mesetas que cubren las cimas de cerros aislados; así como basaltos contemporáneos que afloran en forma de cerros aislados.

Cuaternario- Pleistoceno. (QptCgp), (QptAr-Cgp).

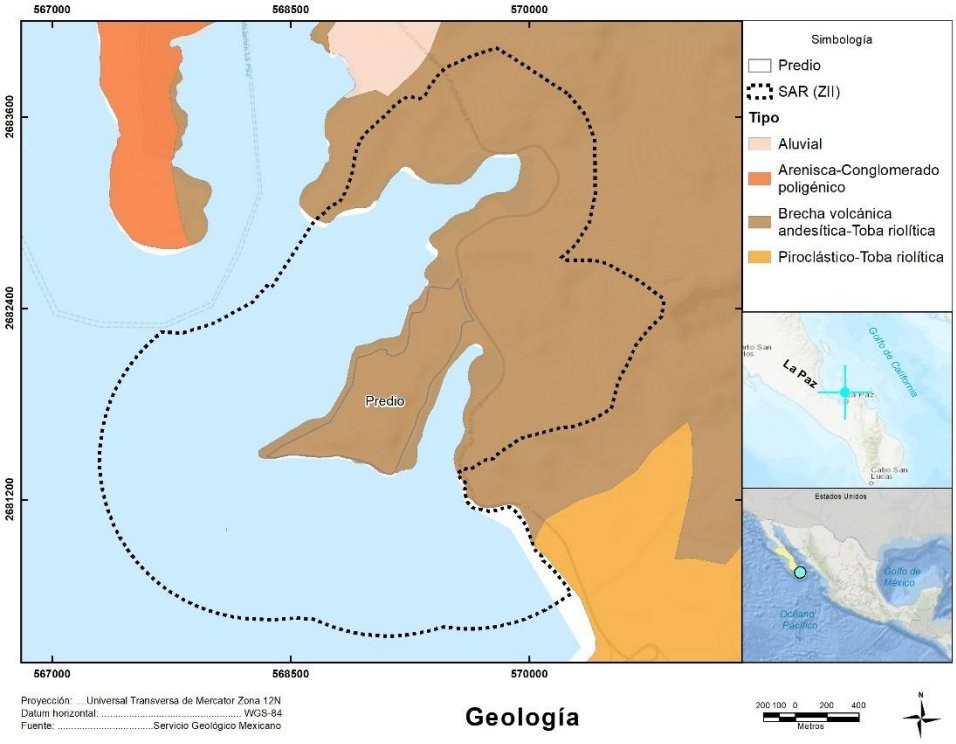
El período Pleistoceno está representado por una serie de depósitos sedimentarios, dentro de los cuales se tiene un conglomerado polimictico (QptCgp), sus afloramientos están de forma dispersa en el sector oeste y noroeste de la carta, así como en la zona urbana y suburbana de la ciudad de La Paz. Estratigráficamente se sitúa al mismo nivel de la unidad de arenisca y conglomerado de la misma edad. Los clastos predominantes son de andesita, basalto, riodacita y granito, provenientes de afloramientos cercanos. También se incluye una secuencia de arenisca y conglomerado polimíctico (QptAr-Cgp), estos forman abanicos aluviales, depositados sobre varios tipos de rocas. Sus afloramientos están en los extremos este y oeste de la carta, en los valles de La Paz y San Juan de Los Planes. Los depósitos están conformados principalmente por fragmentos de rocas intrusivas y volcánicas, con

pendientes casi horizontales. Su edad se considera como Pleistoceno, con base en correlaciones locales.

Cuaternario- Holoceno (Qhola), (Qhoeo), (Qhoal).

Del Holoceno se tienen sedimentos lacustres (Qhola), que cubren partes aisladas de la carta en su extremo noroeste, en la zona costera. Corresponden a los sedimentos localizados en las zonas costeras sujetas a inundaciones periódicas por las mareas e inundaciones ocasionales por avenidas extraordinarias de los arroyos en tiempos de lluvias. Ocupan zonas topográficamente bajas, cubiertas parcialmente por vegetación halófita, como pasto salado y manglares. Los sedimentos eólicos (Qhoeo) están restringidos a la parte occidental de la carta, en la punta de la barrera arenosa conocida localmente como El Mogote. Consisten en una serie de dunas costeras formadas por el transporte de agentes litorales (mareas y el viento). Los sedimentos aluviales (Qhoal), forman parte del relleno de las cuencas de La Paz en la parte occidental y San Juan de Los Planes en el sector sureste, así como la parte activa de los cauces de los arroyos. Están sobreyaciendo, discordantemente, a la mayoría de las unidades preexistentes.

Figura 4.12. Geología en el SAR.



La geología estructural está dominada por la actividad de las fallas de El Carrizal (fuera de la carta) y San Juan de Los Planes, las cuales definen las cuencas de La Paz en la porción occidental y San Juan de Los Planes en el sector sureste, consideradas como semi-fosas, separadas por la sierra de Las Cruces, la cual es un pilar tectónico entre ambas. Estas fallas pertenecen a un sistema regional de fallas normales transpeninsulares, orientado casi N-S, relacionado con la apertura del golfo de California.

La falla San Juan de Los Planes II es la estructura más prominente de este tipo, se localiza en el extremo oriental de la carta, con orientación preferencial casi N-S y una curvatura pronunciada hacia el NE en la sierra de Las Cruces. Su cinemática muestra que es una falla de tipo normal, con el bloque caído hacia el este, corta rocas graníticas y tonalíticas y las pone en contacto con areniscas y conglomerados pleistocénicos. Se interpreta que esta falla tiene actividad actual debido a que se observan otras fallas paralelas a ésta, que cortan y desplazan depósitos del Pleistoceno.

Se realizaron recorridos dentro del proyecto Punta La Paz, para verificar la geología, de acuerdo a las observaciones realizadas, se tiene que en la parte noroeste (Punta Colorada), está representada por rocas volcanosedimentarias y tobas ignimbriticas, sobreyaciendo a estas tobas se encuentra rocas sedimentarias que pertenece a un conglomerado polimíctico de una matriz arenosa fina de color gris claro (Sitio SG-1, SG-2).

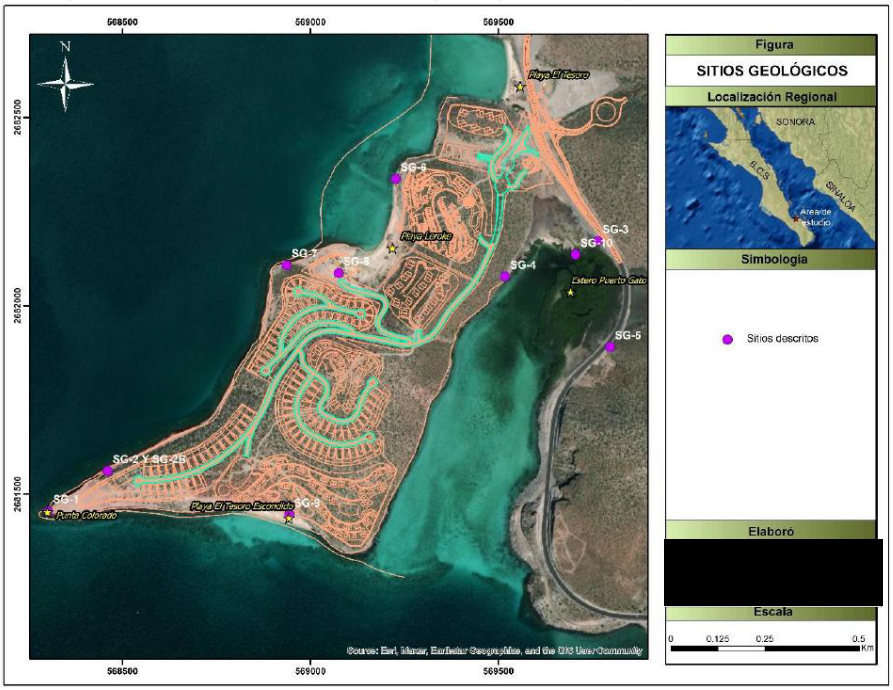
En la parte norte del manglar Estero Puerto Gato a un costado de la carretera se encuentra aflorando un conglomerado polimíctico de clastos de diferente tamaño, con una matriz arenosa fina y arcillosa de color gris (Sitio SG-3)

En la parte este del manglar sobre la carretera se encuentra aflorando roca volcanosedimentaria (brecha) con un espesor de 6 m desde la superficie (Sitio SG-5).

En la parte norte del proyecto aflora roca volcanosedimentaria, brecha con clastos angulosos, presenta en distintas partes del afloramiento variación en el tamaño de los clastos (Sitio SG-6).

En la parte oeste del manglar y en límite de polígono del proyecto, se encuentra aflorando un conglomerado polimíctico de clastos de diferente tamaño, con una matriz arenosa fina y arcillosa de color gris, con un espesor de 4 m (Sitio SG-4).

Figura 4.13. Sitios de verificación geológica del proyecto Punta La Paz



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Sitio SG-1. En la parte suroeste del proyecto en punta colorada se aprecia el afloramiento en la orilla de la playa rocas volcanosedimentarias, y tobas ignimbriticas, con restos de corales arrastrados por el oleaje del mar**.**



Sitio SG-2. En la parte noreste de punta colorada, afloran rocas volcanosedimentarias y tobas ignimbriticas, con presencia de corales arrastrados por el oleaje, en contacto normal se encuentran subyaciendo debajo de un conglomerado polimíctico**.**



Sitio SG-2B. En la parte noreste de punta colorada, sobreyaciendo a tobas ignimbriticas se encuentra rocas sedimentarias que pertenece a un conglomerado polimíctico de una matriz arenosa fina de color gris claro.



Sitio SG-3. En la parte norte del manglar a un costado de la carretera y en zona de inundación se encuentra aflorando un conglomerado polimíctico de clastos de diferente tamaño, con una matriz arenosa fina y arcillosa de color gris.

Sitio SG-4. En la parte oeste del manglar y en zona de inundación se encuentra aflorando a la superficie con un espesor de 4 m de un conglomerado polimíctico de clastos de diferente tamaño, con una matriz arenosa fina y arcillosa de color gris.

Sitio SG-5. En la parte este del manglar sobre la carretera se encuentra aflorando una roca volcanosedimentaria (brecha) con un espesor observable de 6 m desde la superficie**.**

Sitio SG-6. En la parte norte del proyecto aflora roca volcanosedimentaria, brecha con clastos angulosos, presenta en distintas partes del afloramiento variación en el tamaño de los clastos, se observa la presencia de vetillas de caliche y calcedonia, este afloramiento presenta un espesor en superficie desde la orilla de la playa de 4 m.



Sitio SG-7. En la parte oeste del proyecto aflora roca volcanosedimentaria, brecha con clastos angulosos, presenta en distintas partes del afloramiento variación en el tamaño de los clastos, así mismo se observa la presencia de vetillas de caliche este afloramiento presenta un espesor en superficie desde la orilla de la playa de 6 m.



Sitio SG-8. En la parte noroeste del proyecto se presenta acumulación de arena fina de color blanca que forman Dunas embrionarias (pioneras).

Sitio SG-9. Ubicado en la parte sur en la Playa el Tesoro Escondido, se presenta acumulación de arena fina de color blanca.

Sitio SG-10. Ubicado en la parte norte del manglar Estero Puerto El Gato, donde se presenta acumulación de arena fina de color blanca.

De acuerdo con la reinterpretación de los cortes geológicos, las exploraciones geofísicas y las evidencias de campo, es posible identificar que el acuífero La Paz, es de tipo libre y está constituido, en su porción superior, por sedimentos aluviales y fluviales depositados tanto en los subálveos de los arroyos como en la planicie costera; la porción inferior se aloja en rocas volcánicas y vulcanoclásticas fracturadas.

Con esta información ha sido posible definir un basamento irregular, sobre el que se han depositado 3 unidades hidrogeológicas: sedimentos gruesos y areno-arcillosos, rocas volcánicas y piroclásticos y rocas pertenecientes al complejo ígneo-metamórfico. De éstas, únicamente tienen importancia hidrogeológica y constituyen acuíferos los depósitos de la primera unidad y, en menor escala, los materiales volcánicos (aglomerados y tobas).

El sistema acuífero presenta un espesor máximo de 400 m, con características de buena porosidad, pero con permeabilidad variable que le confieren los depósitos de origen aluvial, arenas finas a gruesas con arcillas, gravas, guijarros y cantos rodados, así como materiales terrígenos de origen volcánico como brechas y conglomerados. Esta secuencia presenta como base una capa volcánica poco permeable, que ocasiona condiciones de semiconfinamiento en los materiales de origen volcánico que la subyacen. Las fronteras al flujo subterráneo y el basamento hidrogeológico están conformadas por las mismas rocas volcánicas y vulcanosedimentarias, que a mayor profundidad desaparece, dado que se reduce el fracturamiento por las rocas del complejo ígneo-metamórfico.

4.3.1.2.2. Litología

La litología en el sitio del proyecto está dominada por la presencia de rocas sedimentarias, ígneas intrusivas de tipo granodeoriticas y depósitos sedimentarios consolidados y no consolidados, en menor grado sedimentos cuaternarios.

Tabla 4.8. Geología en el SAR.

		Clave	Clase	Tipo	Área	Hectáreas	Porcentaje
Sistema ambiental	Predio	H2O	N/A	Cuerpo de agua	3,287.99	0.33	**0.02%**
		Ts(Bvi)	Ígnea extrusiva	Brecha volcánica intermedia	520,278.08	52.03	**3.01%**
	Sistema ambiental	Q(al)	N/A	Aluvial	521,957.76	52.20	**3.02%**
		Ts(Bvi)	Ígnea extrusiva	Brecha volcánica intermedia	10,048,035.98	1,004.80	**58.08%**
		H2O	N/A	Cuerpo de agua	104,368.21	10.44	**0.60%**
		Ts(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	397,764.31	39.78	**2.30%**
		Ts(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	5,703,671.19	570.37	**32.97%**

Brecha volcánica intermedia – Ts (Bvi)

Se ven representadas en más del 58.08% del SA a diferencia de los conglomerados, las brechas se componen de clastos angulares, en el caso de las brechas volcánicas su origen está asociado a los flujos de lava. La brecha volcánica intermedia se caracteriza por presentar una matriz altamente cementada compuesta de materiales vítreos muy finos, y minerales de silicio que las hace resistentes al intemperismo y la erosión. Es común encontrarla en la base de los cerros, sin embargo, esta ubicación puede cambiar de un cerro a otro e incluso presentarse en forma de secuencia alternándose con capas de tobas. Su edad es del Terciario Superior y en conjunto con las tobas ácidas dan lugar a las montañas bajas de la zona de Pichilingue.

Toba ácida – Ts (Ta)

Estas rocas representan el 32.97% del SA, como su nombre lo indica, está constituida por tobas, que son aquellas rocas compuestas en su totalidad por materiales vítreos procedentes de la actividad volcánica, generalmente de baja densidad, excepto cuando se les encuentra cementadas y mezcladas con otros minerales. Son de colores blancos, rosas, verdes y rojos; muy porosos y resisten muy poco a los procesos de intemperismo y erosión. La edad estimada corresponde al Terciario Superior. En el mapa geológico se le encuentra en la parte central del mismo, sobre yaciendo a las rocas que componen a la unidad Brecha Volcánica Intermedia.

Arena no consolidada Aluvial – Q (al)

Representa solo el 3.02% del SA, son los materiales litológicos que han sido arrastrados por los procesos fluviales y se encuentran distribuidos en los cauces de los arroyos, formando capas de arenas finas, medias y gruesas cuya ubicación depende de la pendiente del terreno, su ubicación con respecto a la roca origen y a la energía que los transporta. Son las arenas de color blanco y claro que se observan en los arroyos, generalmente de tamaños gruesos y una mayor concentración de cuarzo. Son sedimentos arenosos producidos por el intemperismo y la erosión de las rocas preexistentes, no consolidados, sin compactación y sin un arreglo definido. Los espesores de sedimentos son muy variables y dependen principalmente de la topografía.

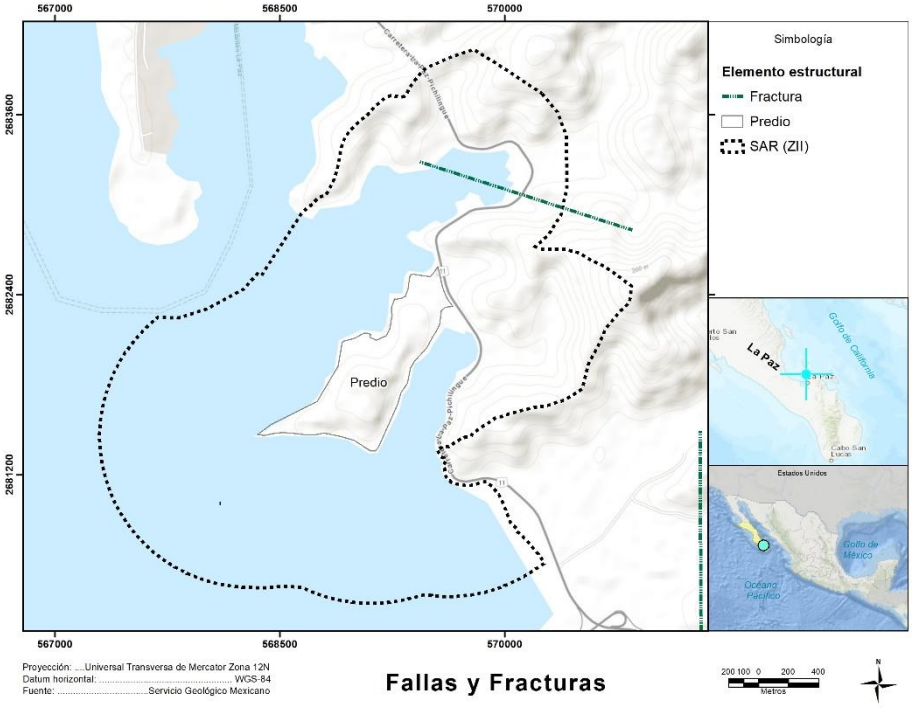
Conglomerado – Ts (cg)

Representan solo el 2.30% del SA, son rocas sedimentarias constituidas por clastos o cantos rodados de diferentes litologías (polimíctico) o bien de una sola litología (oligomítico). Su origen es fluvial y se depositan durante las avenidas torrenciales capaces de arrastrar grandes cantidades de rocas. Estos conglomerados están principalmente constituidos en un 70 % de matriz arenosa y un 30 % de materiales rocosos. Los clastos que lo componen pueden llegar a medir más de un metro de diámetro y los de menor tamaño son las gravas.

4.3.1.2.3. Fallas y Zonas de Fracturación

De acuerdo con el Conjunto de Datos Vectoriales escala 1:1000000 de “Fallas y Fracturas del Territorio Nacional” del INEGI, podemos ver que, en el Sistema Ambiental, no se localizan fracturas dentro del polígono, sin embargo, cercanas al SAR al Norte y Sur se pueden observar fracturas.

Figura 4.14. Fallas y fracturas en el SAR



En el área del proyecto se ejecutaron 21 sondeos electromagnéticos (TEM), la distribución de resistividades obtenidas en el subsuelo, permitieron clasificar un total de 5 unidades, asociadas principalmente a suelo y sedimentos de granulometría muy variada, generalmente no consolidados ni saturados (U1), una secuencia volcanoclastica (U2), brecha volcánica (U3), volcanosedimentaria por arenisca-conglomerado polimíctico, conglomerado polimíctico y areniscas (U4) y un intrusivo granítico (U5). Los valores más bajos, menores de 5 Ω*m, se asocian con áreas de intrusión marina (Anexo 4.1)

Se elaboraron 6 perfiles, generados a partir de los 21 sondeos. Los perfiles sugieren como característica principal la presencia de un acantilado y una playa rocosa, esta última se ubica hacia la parte norte. La característica principal de estos dos rasgos morfológicos del relieve es el tono rosado de la toba riolítica que se encuentra en la base del afloramiento. Encima de esta roca aflora una secuencia de areniscas y conglomerados, de color gris con tonos de color café. Los conglomerados presentan clastos de diferente tamaño, los clastos son fragmentos de basaltos y andesitas.

En la parte oeste del proyecto, se presenta la sub-unidad U2b que presenta resistividades menores a 5 Ω*m con un espesor de 40 m, a partir de una elevación de 10 a 70 m. b.n.m. y se caracteriza por presentar la zona con intrusión salina, la cual se caracteriza por contener una toba pumicítica, con presencia de algunos depósitos (lentes) pequeños de conglomerado y arenisca. Dentro de esta unidad se tiene una zona

fracturada arenosa la cual permite la intrusión salina en los sondeos T-19 y T-16 el cual presenta un espesor de 50 m y penetrando a 300 m al continente.

La **sub-unidad U3b presenta un fracturamiento moderado** de la secuencia vulcanosedimentaria de areniscas conglomeráticas con resistividades de 5 a 20 Ω*m, y se puede apreciar a lo largo de todo el perfil, un espesor de 80 m en el sondeo T-10. La interpretación hidrogeológica de estos perfiles define que en esta unidad se constituye un **acuífero que varía de doble porosidad lenticularmente (fisurado y granular), por ello, se considera que por sus características sería de bajo rendimiento,** acorde a la litología. Los sitios de los sondeos 01 y T-10 podrían ser los mejores para pozos de extracción de agua subterránea en caso de optar realizar pruebas hidráulicas y calidad del agua, pero serían incapaces de sostener un abastecimiento de larga duración para el proyecto, vale recordar lo bajo del volumen de infiltración potencial obtenido. Lo anterior, sin considerar igualmente la veda del acuífero por Conagua

En la parte suroeste (Punta Colorada), se presenta la sub-unidad U2b caracterizada por los conglomerados volcanoclástica gruesos que forman un acuífero de tipo mixto (fisurado-granular), se caracteriza por estar penetrado por intrusión marina, muestra una **geometría con espesor de 40 m y longitud de la pluma del orden de 1 km,** sin embargo, por su litología se espera de baja capacidad hidráulica (conforme diversos autores para este tipo de materiales), y sería incapaz de aceptar una inyección óptima con dispersión hidráulica capaz de aceptar volúmenes importantes de descarga. No obstante, para esta opción se consideró la mejor ubicación de sitios para pozos de inyección en este acuífero en caso de optar por perforar y realizar pruebas hidráulicas. Los mejores sitios se ubicaron aproximadamente a 1 km al suroeste del Estero Puerto Gato.

4.3.1.2.4. Sismicidad

La República Mexicana está situada en una de las regiones sísmicamente más activas del mundo, enclavada dentro del área conocida como el Cinturón Circumpacífico donde se concentra la mayor actividad sísmica del planeta.

La alta sismicidad en el país es debido principalmente a la interacción entre las placas de Norteamérica, la de Cocos, la del Pacífico, la de Rivera y la del Caribe, así como a fallas locales que corren a lo largo de varios estados, aunque estas últimas menos peligrosas. La Placa Norteamericana se separa de la del Pacífico, pero roza con la del Caribe y choca contra las de Rivera y Cocos, de aquí la incidencia de sismos.

Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Michoacán, Colima y Jalisco son los estados con mayor sismicidad en la República Mexicana debido a la interacción de las placas oceánicas de Cocos y Rivera que subducen con las de Norteamérica y del Caribe sobre la costa del Pacífico frente a estos estados, también por esta misma acción son afectados los estados de Veracruz, Tlaxcala, Morelos, Puebla, Nuevo León, Sonora, Baja California, Baja California Sur y el Distrito Federal.

REGIONES SISMICAS EN MÉXICO

Con fines de diseño antisísmico, la República Mexicana se dividió en cuatro zonas sísmicas, utilizándose los catálogos de sismos del país desde inicios de siglo.

La zona A es una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.

Las zonas B y C son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.

La zona D es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

Figura 4.15. Zonas Sísmicas en México



Fuente: Manual de diseño de Obras Civiles (Diseño por Sismo) de la Comisión Federal de Electricidad. http://www2.ssn.unam.mx/website/jsp/region_sismica_mx.jsp

Otra división del país está dada por Regiones Sísmicas, Penisísmicas y Asísmicas. Las Zonas sísmicas están localizadas al sur y suroeste de la República, abarca los estados de México, Colima, Michoacán, Guerrero, Morelos, Oaxaca, sur de Veracruz, Chiapas, Jalisco, Puebla y Distrito Federal; las Zonas penisísmicas abarcan la Sierra Madre Occidental, las llanuras de Sonora, Sinaloa, Nayarit, así como la región transversal que va del sur de Durango al centro de Veracruz y, las Zonas asísmicas se sitúan en la parte norte y noreste de México, en casi toda la península de Baja California y en la península de Yucatán.

Áreas de mayor riesgo en México: En sí, las zonas de mayor sismicidad se concentran en la costa occidental del país a lo largo de los bordes de varias placas cuyo contacto es conocido como Trinchera.

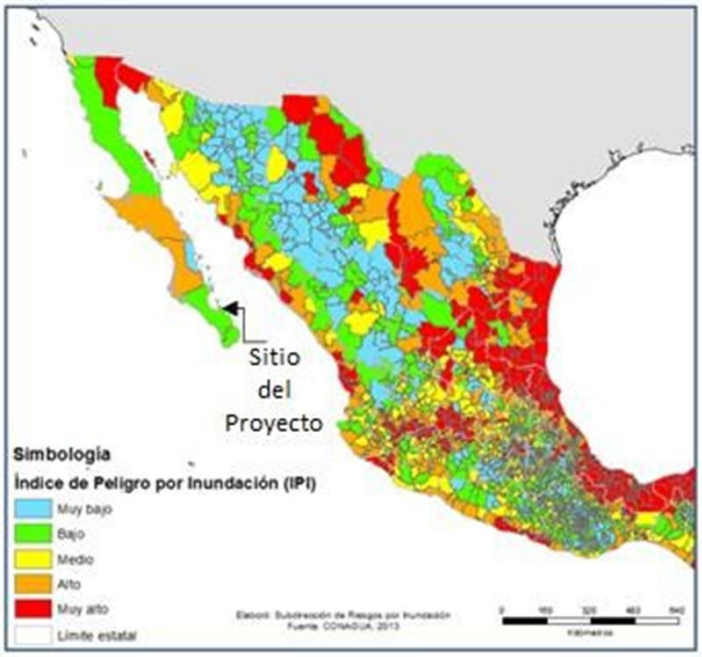
Se ha utilizado de acuerdo con el SAS, la expresión de brecha sísmica" a la zona geográfica donde no se han producido sismos de 7 ó más grados en la escala de Richter por un largo periodo de tiempo (50 años o más) para determinar la Brecha de Guerrero (cerca de 100 años de acumulación de energía elástica), la Brecha de Jalisco (aproximadamente 70 años) y la Brecha de Chiapas (con más de 300 años) como las áreas de mayor riesgo en el país.

Por lo tanto, de acuerdo con la imagen anterior, el Sistema Ambiental se ubica en la zona C, en la cual son zonas donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.

4.3.1.2.5. Susceptibilidad a Inundaciones

De acuerdo con la CONAGUA, y en base a la siguiente imagen, podemos observar que el Sistema Ambiental se ubica en un área con un índice de inundación de "**Bajo**".

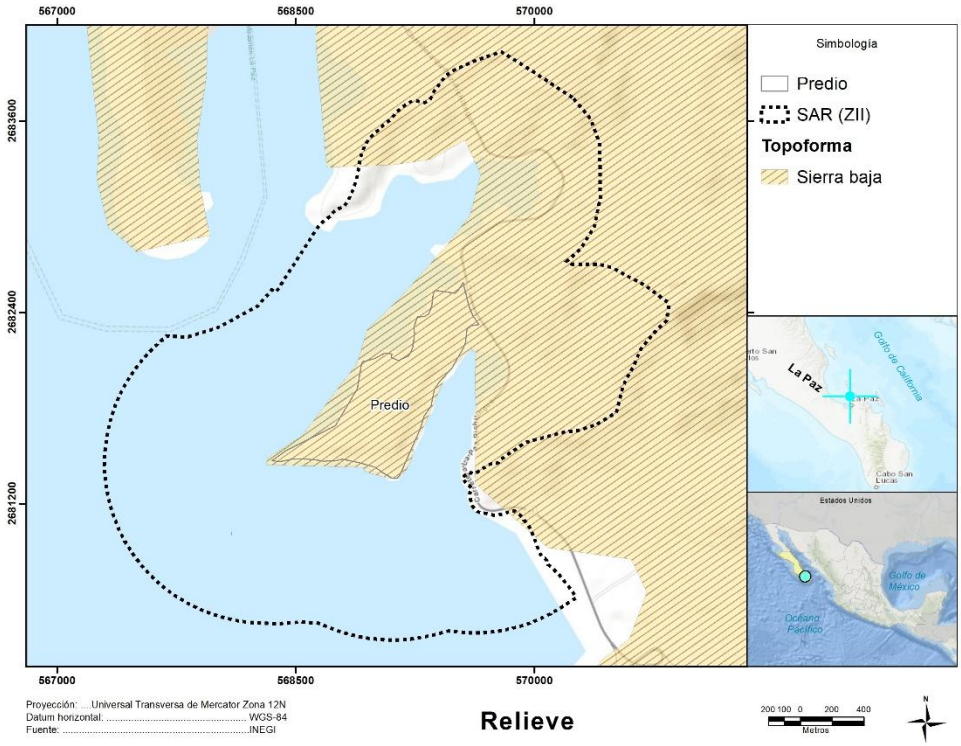
Figura 4.16. Índice de peligro por inundación municipal.



4.3.1.2.6. Topografía

El sistema de topoformas del PDUCP tiene la siguiente composición: Bajada típica, consta de una región inclinada de terreno formada por las laderas de las montañas que terminas en lomas alargadas con pendientes que varían de 0 a 29.9°, terminando en una superficie plana con una inclinación que varía de 0 a 3.5°. Esta unidad ha sido formada posiblemente por erosión hídrica y eólica del terreno circundante.

Figura 4.17. Tipo de relieve en el SAR.



La fisiografía regional comprende montañas con pendientes moderadas a fuertes hacia la porción Sureste, y que contrastan con la región Norte, hacia el valle de La Paz, donde se observa una amplia planicie. La región está caracterizada por la presencia de varias sierras, disectadas por fallas normales de alto ángulo, posiblemente activas en la actualidad. La litología consta de rocas intrusivas-metamórficas Cretácicas y sedimentarias, con alteración hidrotermal en algunas unidades. En las sierras predominan rocas ígneas intrusivas, mientras que hacia las planicies se pueden distinguir sedimentos cuaternarios inconsolidados, rellenando las partes bajas.

Para el análisis de las cuencas que se encuentran fuera el sitio de proyecto, se utilizaron los modelos Digitales de Elevación de Alta Resolución LIDAR del INEGI, con resolución de 5 m, tipo Superficie. El LIDAR es un sistema activo de rayos láser que emite un haz de luz sobre la superficie terrestre (pulsos) para luego recoger sus reflejos, también denominados retornos o rebotes.

Por otra parte, la configuración topográfica en el sitio de proyecto fue proporcionada a la empresa IDEAS, con curvas de nivel con separación a cada un metro (Figura 4.18). De los

estudios de topografía se obtuvo el modelo digital de elevación, lo cual fue la base para definir las subcuencas y escurrimientos en la superficie del polígono.

Figura 4.18. Curvas de nivel con equidistancia de 2 m.

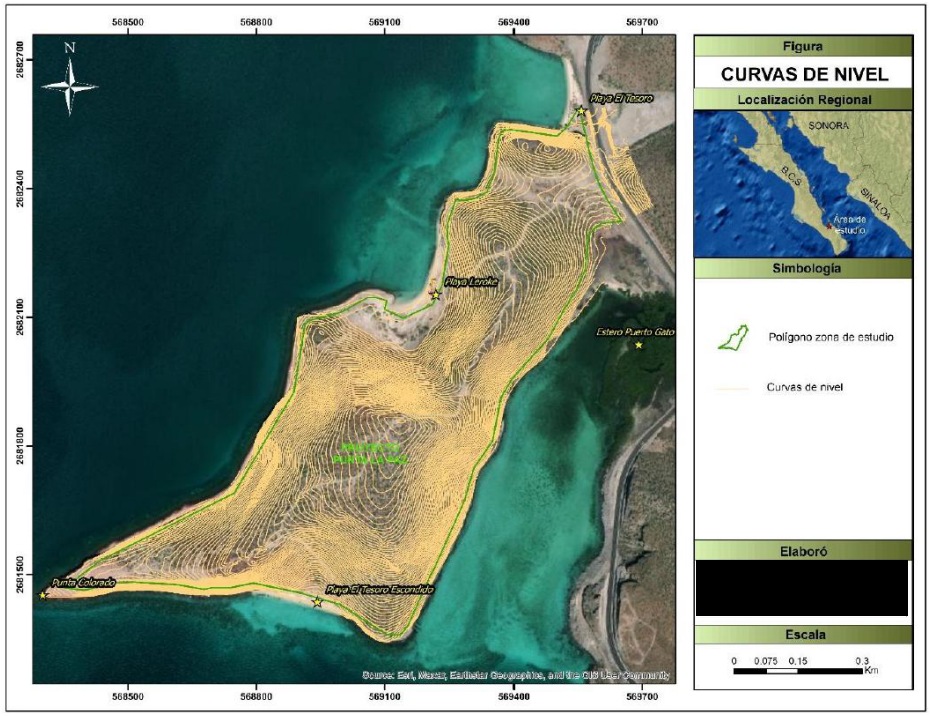
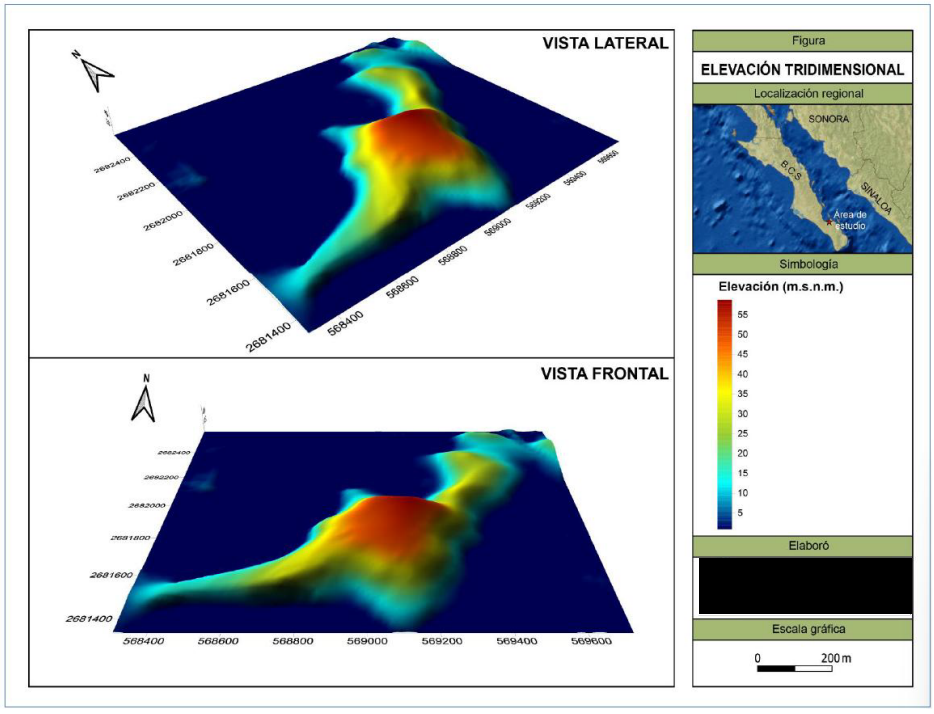


Figura 4.19. Modelo Digital de Elevación en la zona del Proyecto Punta La Paz.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

4.3.1.2.7. Fisiografía

Considerando la clasificación del INEGI, la península de Baja California forma parte de la provincia fisiográfica denominada Provincia Península de Baja California. Se extiende al Norte hasta el límite internacional, que la separa de la California Estadounidense y al Noreste con la provincia fisiográfica Llanura Sonorense, que en el municipio de San Luis Río Colorado también forma parte de la Región I. En ella destacan la sierra de Juárez y la de San Pedro Mártir que se extienden a lo largo de la península, desde el límite internacional hasta la mitad del estado de Baja California. Las elevaciones más importantes varían entre los 2,000 y 3,000 msnm y se presentan en la sierra de San Pedro Mártir.

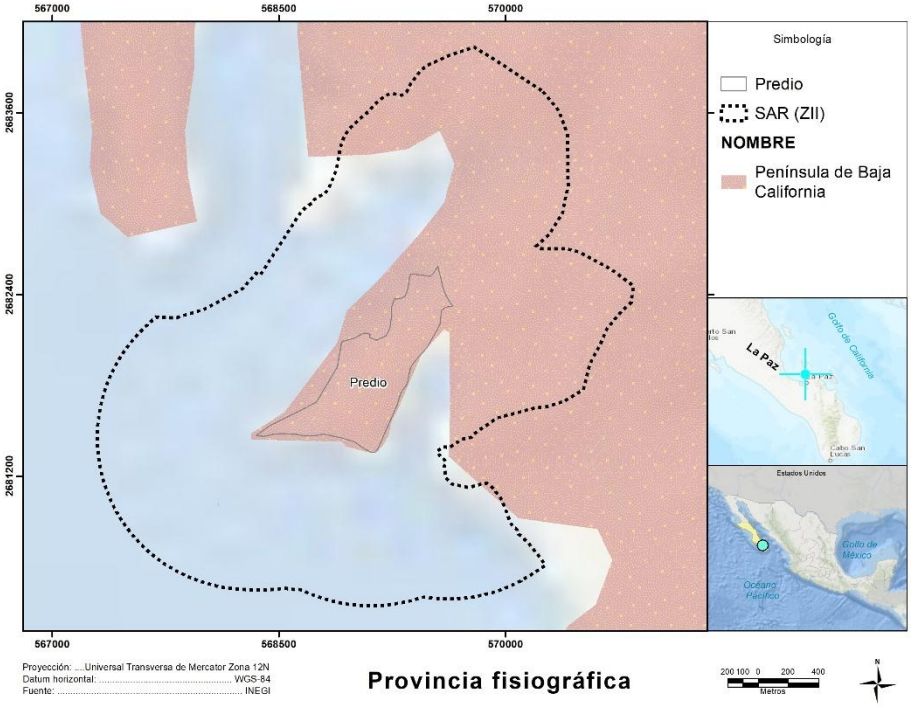
En la subregión Baja California Sur, las cumbres más elevadas se encuentran en la sierra de La Laguna con elevaciones de hasta 2,080 msnm, el volcán de las Tres Vírgenes con 1,940 msnm y las sierras de San Francisco y San Pedro, ubicadas en su porción Norte, con elevaciones de 1,000 a 1,500 msnm.

Provincia fisiográfica Península de Baja California

Políticamente esta provincia fisiográfica ocupa los estados de Baja California y Baja California Sur. En la porción norte destaca la Sierra de San Pedro Mártir, con alturas que sobrepasan los 3,000 m (La Encantada, 3,100 msnm). En Baja California Sur descuella la cordillera de origen volcánico, conocida como Sierra de la Giganta. En esta provincia se localizan tres discontinuidades fisiográficas: el Desierto de Sebastián Vizcaíno, con amplios llanos y médanos que se interrumpen hacia el oeste por la sierra volcánica del mismo nombre; los Llanos de Magdalena, región con bajos y bolsones, que se inundan durante la época de lluvias y cuya costa arenosa se ve interrumpida por el desarrollo de lagunas (varias de ellas comunicadas con el mar) y la Región del Cabo con serranías de granito.

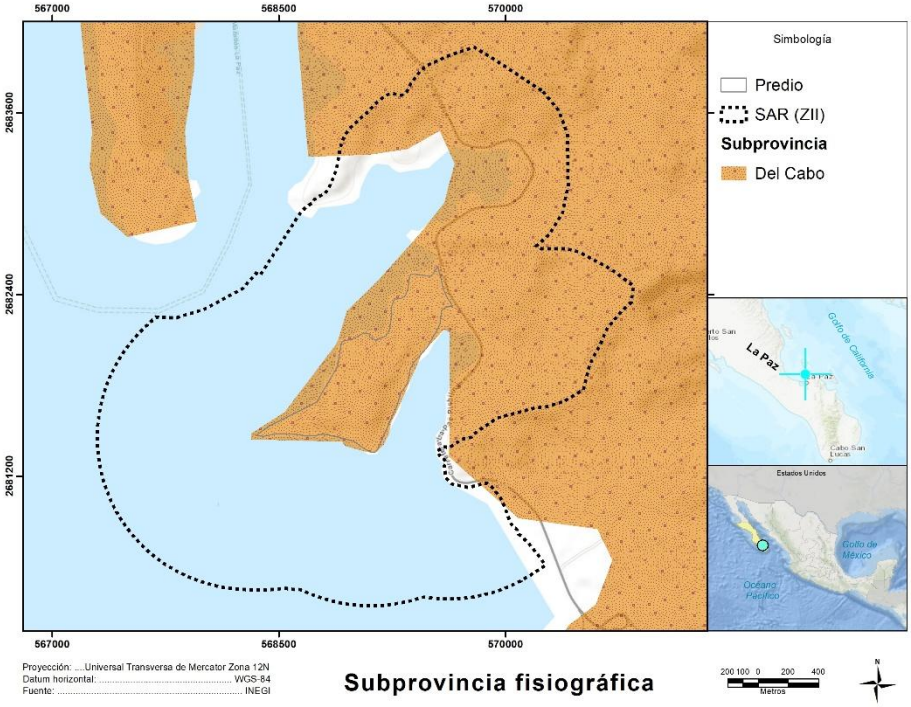
La Región Hidrológica 6 queda conformada por las sierras La Giganta, Tarabillas y San Lázaro, que constituyen el parteaguas con la Región Hidrológica No. 3. Las estribaciones de su vertiente oriental constituyen un obstáculo para los vientos cargados de humedad, además de que se encuentran en la trayectoria de los ciclones que se internan al Golfo de California.

Figura 4.20. Provincia fisiográfica del SAR.



En particular el proyecto se localiza dentro de la Subprovincia Del Cabo, cubre el 50.83 % de la superficie total del PDUCP, su morfología está conformada por montañas complejas altas y bajas.

Figura 4.21. Subprovincia del SAR.



4.3.1.2.8. Tipo de Suelo

De acuerdo con el Conjunto de Datos Vectoriales de Edafología del INEGI (Serie II), y tomando como base la clasificación que hace la FAO (2007), en el SA se presentan los siguientes tipos de suelos:

Figura 4.22. Tipos de suelos del SA.

		Clave	Área	Hectáreas	Porcentaje
Sistema ambiental	Sistema ambiental	RGcalep+LPskli/2r	770,314.10	77.03	**4.45%**
		FLeuskp/1R	248,340.49	24.83	**1.44%**
		LPskli+LPeusk+RGeulep/2R	15,643,706.46	1,564.37	**90.43%**
		Cuerpo de agua	113,436.40	11.34	**0.66%**
	Predio	LPskli+LPeusk+RGeulep/2R	522,485.63	52.25	**3.02%**
		Cuerpo de agua	1,080.44	0.11	**0.01%**

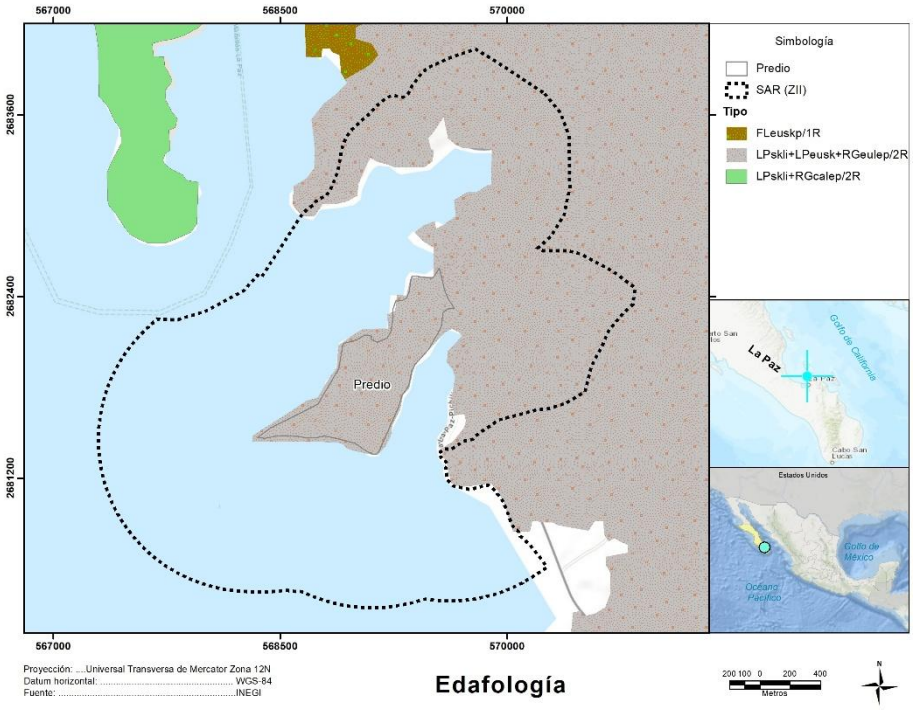
Fuente: Elaboración propia con base a Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250 000 Serie II (Continuo Nacional).

Leptosol. Es la unidad edafológica más extendida ya que ocupa el 93.45 % del SA y se sitúa a manera de franja sobre la región centro en estudio. Son suelos que se caracterizan por tener una profundidad muy somera de 10 cm en promedio en contacto con la roca, estando estrechamente relacionados con los Regosoles, Cambisoles y Vertisoles.

Fluvisol. Este tipo de suelo cubre el 1.44 % de la zona. Son de textura arenosa, sin desarrollo y estructura, de color gris o blanco, pobres en materia orgánica (0.5), la capacidad de intercambio catiónico es baja (5.5-7.5), su conductividad eléctrica es menor de 2, son suelos ácidos o ligeramente ácido, el porcentaje de saturación de bases es mayor al 50%, el contenido de calcio y fósforo es alto y pobre en sodio, potasio y magnesio, están dedicados a la agricultura con rendimientos moderados.

Regosol. Cubre el 4.45 % de la zona. Consiste en sedimentos de toba (cenizas volcánicas sedimentadas eólicamente) arena migajosa, hasta limo arenoso, poco contenido de humus, suelo muy profundo, son suelos valiosos para la agricultura.

Figura 4.23. Edafología del SAR



4.3.1.2.9. Prospección Geofísica

A partir de las condiciones fisiográficas y geológicas del área estudiada, así como de los objetivos buscados con este trabajo hidrogeológico, se consideró necesario utilizar el método geofísico de exploración denominado Sondeo Transitorio Electromagnético en el dominio del tiempo (TEM), el cual tiene la mayor eficiencia resolutiva y gran sensibilidad a la presencia de agua o de materiales saturados.

Integrando la información obtenida de cada uno de éstos, se generaron perfiles con el fin de identificar las diferentes unidades resistivas, y determinar su distribución espacial y geométrica en el subsuelo.

El objetivo principal de este trabajo fue determinar, a partir de los resultados obtenidos en estos perfiles, las unidades con características resistivas factibles para el desarrollo de pozos, identificando con esto zonas que puedan ser conductos de flujo de agua subterránea.

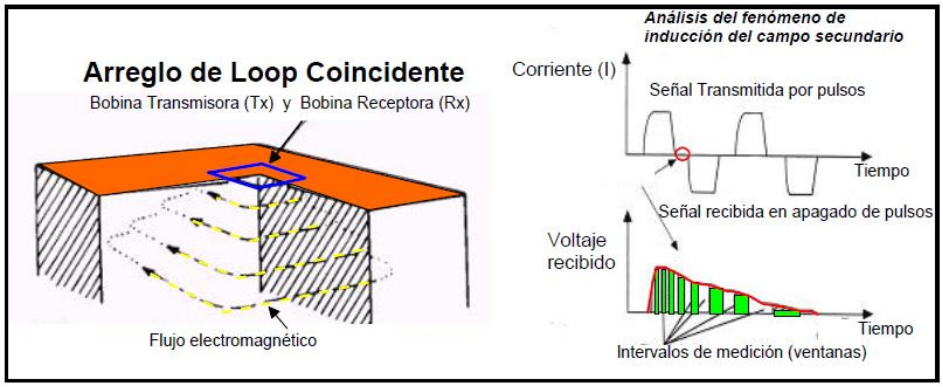
Método Electromagnético

Con el método electromagnético aplicado (TEM) se pretende mostrar una caracterización resistiva del subsuelo. Debido a la gran resolución vertical que se obtiene con esta técnica, en los perfiles resistivos es posible observar las heterogeneidades (zonas anómalas) que pueden asociarse a estructuras geológicas, cambios granulométricos de facies sedimentarias y/o fracturamiento en la roca.

Particularmente para este proyecto, la técnica del TEM (sondeo transitorio electromagnético), consistió en utilizar una espira o bobina que está construida por un cable en forma de cuadro con dimensiones de 50 x 50 m (área de la bobina 2,500 m^2), con el arreglo denominado “Single Loop" (Figura 4.24), es decir donde únicamente se utiliza una bobina, la cual actúa en ciertos instantes de tiempo como transmisora de la señal y en otros es receptora, con una resistencia de 2.1 ohms en el circuito, para lo cual se utilizó un cable de fabricación canadiense de 110 hilos; con estas características del arreglo se logró una intensidad de corriente de 5.3 amperes, esto para cumplir con los 600 m de investigación propuestos.

Una vez obtenida y verificada la información de campo, se inició el trabajo de gabinete el cual básicamente consiste en: 1) corrección de los datos geofísicos, 2) elaboración de modelos de curva de resistividad aparente (los modelos unicapa y multicapa, 3) configuración de los perfiles de resistividad, y 4) planos resistivos de elevación.

Figura 4.24. Arreglo de Loop coincidente utilizado en los sondeos.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Una vez obtenida y verificada la información de campo, se inició el trabajo de gabinete consistente en la corrección de los datos geofísicos y elaboración de modelos (los modelos unicapa y multicapa son mostrados en el Apéndice 2). Para la localización de los sitios de medición se utilizó un equipo GPS marca GARMIN, el cual proporciona las coordenadas geográficas (X, Y) y una elevación con un margen de error aceptable, para cada sitio de medición. Como parte de este estudio se realizaron 21 sondeos electromagnéticos (Tabla 4.9).

Tabla 4.9. Coordenadas de los sondeos electromagnéticos ejecutados (WGS-84).

Nombre (ID)	(x) Este Longitud	(Y) Norte Latitud	(Z) Elevación (m.s.n.m.)	Nombre (ID)	(x) Este Longitud	(Y) Norte Latitud	(Z) Elevación (m.s.n.m.)
T-01	569384.99	2682340.82	9.06	**T-11**	569138.16	2681750.56	55.06
T-02	569522.71	2682368.69	8.37	**T-12**	569254.44	2681774.37	38.96
T-03	569659.94	2682235.17	-1.32	**T-13**	568982.32	2681753.99	42.81
T-04	569937.71	2682033.32	0.25	**T-14**	568992.67	2681687.02	54.07

Nombre (ID)	(x) Este Longitud	(Y) Norte Latitud	(Z) Elevación (m.s.n.m.)	Nombre (ID)	(x) Este Longitud	(Y) Norte Latitud	(Z) Elevación (m.s.n.m.)
T-05	570107.54	2681987.33	4.55	**T-15**	569017.91	2682066.09	5.72
T-06	569311.75	2682318.82	22.39	**T-16**	568553.92	2681547.69	12.92
T-07	569464.64	2682170.17	22.39	**T-17**	568818.17	2681552.83	45.83
T-08	569042.72	2682096.84	6.33	**T-18**	569154.14	2682078.92	4.36
T-09	569244.42	2681896.28	42.04	**T-19**	568415.59	2681489.24	9.57
T-10	568916.63	2681942.61	12.12	**T-20**	568701.11	2681568.25	30.82
				T-21	569031.22	2681511.43	18.22

Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Unidades Resistivas

Una vez obtenida y verificada la información de campo, se inició el trabajo de gabinete el cual consistió en la corrección de los datos geofísicos y elaboración de modelos de curvas de resistividad aparente a partir de los cuales se generaron los perfiles y planos de resistividades, de los cuales se interpretaron las unidades resistivas existentes en el área de estudio, las cuales se presentan a continuación.

La resistividad eléctrica es un parámetro que varía entre otras cosas por el contenido de agua en las rocas. En términos generales se considera que los materiales rocosos contendrán más agua mientras mayor sea el fracturamiento de estas. Hablando en términos de resistividad se considera que los materiales rocosos que no contienen agua son sanos, es decir presentan escaso fracturamiento, tienen valores resistivos altos; conforme aumente el fracturamiento en los materiales rocosos menor será el orden de los valores resistivos

Es importante establecer que las interpretaciones generadas en este trabajo se sustentan principalmente en el conocimiento previo de las condiciones hidrogeológicas y estructurales regionales, por lo que la correlación de los rangos de resistividad con el grado de fracturamiento de cada unidad resistiva puede eventualmente estar sujeta a verificación mediante un estudio estructural a semi-detalle en el sitio, con el fin de dar mayor certidumbre.

Con base en el conocimiento de la geología local y regional, en experiencias previas de trabajos geofísico-hidrogeológicos, y en la caracterización de las unidades resistivas en el subsuelo, es posible llevar a cabo interpretaciones que permitan inferir el sistema estructural e hidrogeológico, proponiendo sitios de interés para llevar a cabo una exploración hidrogeológica directa. La distribución de resistividades obtenidas en el subsuelo dentro del área de estudio, permiten identificar un total de 5 unidades resistivas generales, de las cuales presentan rangos de variación internos, por lo que a su vez se delimitaron varias divisiones dentro de ésta (Figura 4.25).

Figura 4.25. Unidades geoeléctricas (Ω*m) interpretadas en el área de estudio.

UNIDAD RESISTIVA		INTERVALO RESISTIVO	CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS	
U1		Variable	Relleno superficial, suelo y materiales no saturados	
U2	a	5 a 30	Secuencia Volcanoclástica TmAr-Cgo	Arenisca-conglomerado oligomíctico
	b	<5		Intrusión Salina
U3	a	<5	Brecha Volcanica TmBvA-Cgo	Andesita-Fracturamiento alto
	b	5 a 20		Fracturamiento Moderado
	c	> 20		Brecha y conglomerado volcánico.
U4	a	<10	Unidad Volcanosedimentaria To Ar-Cgp	Areniscas
	b	10 a 30		Conglomerado Polimíctico
	c	> 30		Aarenisca-Conglomerado Polimíctico
U5		> 80	Basamento Rocoso	KsGr (Granito).

Lo que el desarrollo e interpretación de estos perfiles resistivos ofrece como resultado cuantitativo únicamente son valores de resistividad del subsuelo, y no es posible obtener valores de otros parámetros tales como porosidad de la roca, o contenido mineralógico; aun así, se pueden realizar inferencias y modelos de ciertas condiciones geológicas y calidad de agua. Por su parte, el método geofísico utilizado (TEM), identifica las estructuras en los puntos de interrupción de las anomalías resistivas, al ser éstas las que definen la presencia de los materiales compactos y sanos.

La interrupción en la alta resistividad puede ser producto de la presencia de una discontinuidad por la cual ha podido circular agua y ha disuelto parte del material, dejando incluso depósitos arcillosos en las juntas lo que hace disminuir la resistividad y definir así la presencia de la estructura.

Descripción de la Unidades geoeléctricas identificadas asociadas al área de estudio

De acuerdo con la reinterpretación de las exploraciones geofísicas y las evidencias de campo, que la geología está constituida, en su porción superior, por sedimentos aluviales y fluviales depositados tanto en los subálveos de los arroyos como en la planicie costera; la porción inferior se aloja en rocas volcánicas y vulcanoclásticas fracturadas. Con esta información ha sido posible definir un basamento irregular, sobre el que se han depositado 3 unidades geohidrológicas: sedimentos gruesos y areno-arcillosos, rocas volcánicas y piroclásticos y rocas pertenecientes al complejo ígneo-metamórfico. De éstas, únicamente tienen importancia geohidrológica y constituyen acuíferos los depósitos de la primera unidad y, en menor escala, los materiales volcánicos (aglomerados y tobas).

Las unidades geoeléctrica interpretadas son las siguientes:

- **Unidad U1:** Representa las resistividades más sub-superficiales en la mayoría de los perfiles, tiene un espesor variable y sus rangos de resistividad que van desde los 5 Ω*m hasta mayores de 100 Ω*m. Representa unidades de suelo y sedimentos de granulometría muy variada, generalmente no consolidados ni saturados.
- **Unidad U2:** Esta unidad está representada por una secuencia volcanoclástica de conglomerado oligomíctico que consiste de fragmentos de rocas andesíticas y basálticas en una matriz de arena, Con base a las condiciones resistivas y su

eventual asociación a la granulometría de los sedimentos, esta unidad se dividió en 2 sub-unidades
    - **sub-unidad U2a:** representa paquetes de roca volcanoclástica predominantemente andesita en matriz arenosa cuyas resistividades están entre 20 y 30 Ω*m.
    - **sub-unidad U2b:** representa la roca volcaniclásticas con fracturamiento y presenta intrusión salina cuyas resistividades están entre <10 Ω*m.
- **Unidad U3:** Está caracterizada por una brecha volcánica de composición andesítica y conglomerado oligomíctico. La unidad consiste de brecha soportada por matriz o clastos. Parcialmente varia a conglomerado. Y la cual se encuentra intercalada con la unidad anterior.
    - **sub-unidad U3a:** presenta un rango de resistividades <5 Ω*m, y se interpreta con una andesita con fracturamiento alto.
    - **sub-unidad U3b**: se asocia resistividades mayores a 5 a 20 Ω*m, que se interpreta con un fracturamiento moderado.
    - **sub-unidad U3c**: se asocia resistividades mayores a 20 Ω*m, que se interpreta a la brecha-conglomerado volcánico
- **Unidad U4:** Está caracterizada por una unidad Volcanosedimentaria por arenisca-conglomerado polimíctico, conglomerado polimíctico y areniscas. Matriz escasa compuesta por arenas y arcillas.
    - **sub-unidad U3a:** presenta un rango de resistividades <10 Ω*m, y se interpreta con una arenisca.
    - **sub-unidad U3b**: se asocia resistividades mayores a 10 a 30 Ω*m, que se interpreta por un conglomerado polimíctico.
    - **sub-unidad U3c**: se asocia resistividades mayores a 30 Ω*m, que se interpreta a la arenisca-conglomerado polimíictico.
- **Unidad U5:** Está caracterizada por intrusivo granítico con resistividades > 80 Ω*m

Perfiles de Resistividad

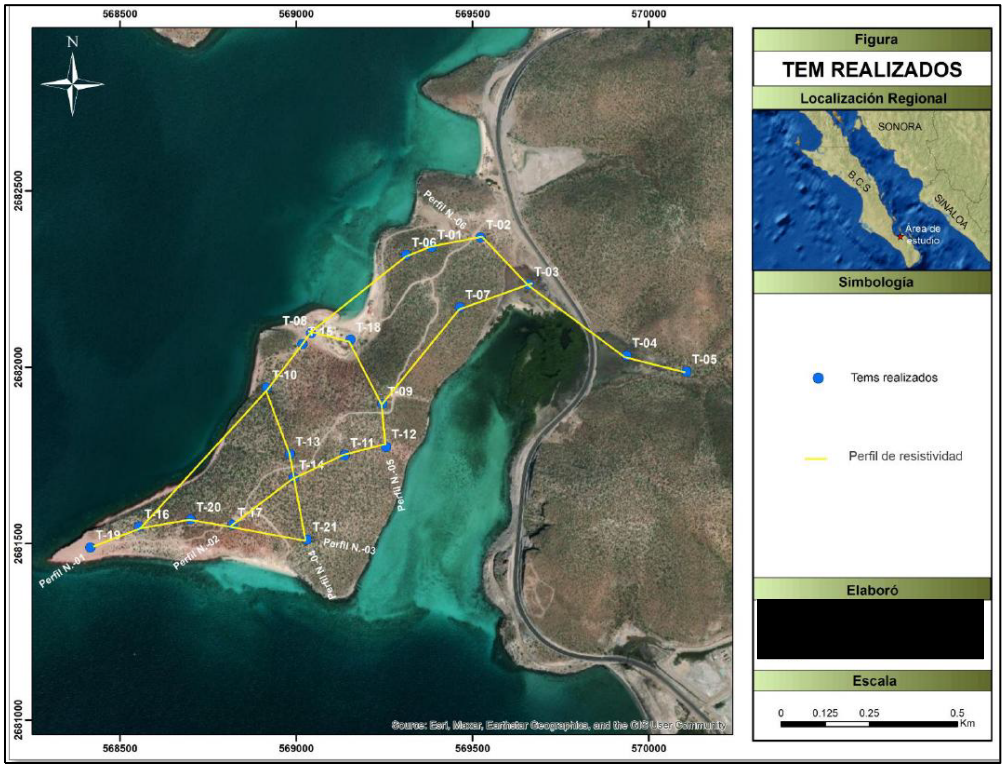
Los rangos de valores de resistividad utilizados para definir las diferentes unidades resistivas no necesariamente son fijos, ya que, al momento de la interpretación, y de acuerdo con su distribución en los perfiles, éstos pueden llegar a tener variaciones.

Asimismo, los contactos entre diferentes materiales se identifican en la zona de inflexión, entre los valores más altos y más bajos, o a la profundidad donde los valores en el TEM se mantienen repetitivamente; estos cambios o particularidades de resistividad marcan cambios en las condiciones de granulometría o litologías en el subsuelo. Por su parte, este método geofísico (TEM), identifica las estructuras en los puntos de interrupción de las anomalías resistivas, al ser éstas las que definen la presencia de los materiales compactos y sanos. La interrupción en la alta resistividad puede ser producto de la presencia de una discontinuidad por la cual ha podido circular agua y ha disuelto parte del material, dejando incluso depósitos arcillosos en las juntas lo que hace disminuir la resistividad y definir así la traza de una estructura, o bien, la presencia de una caverna (Figura 4.26).

En resumen, en el área de estudio la geología está constituido por un acantilado y una playa rocosa, esta última se ubica hacia la parte norte. La característica principal de estos dos rasgos morfológicos del relieve es el tono rosado de la toba riolítica que se encuentra en la base del afloramiento. Encima de esta roca aflora una secuencia de areniscas y conglomerados, de color gris con tonos de color café. Los conglomerados presentan clastos de diferente tamaño, los clastos son fragmentos de basaltos y andesitas.

En este lugar, se observan dos tipos de procesos geológicos, uno de ellos es la erosión o desgaste de la roca por la acción del oleaje, este proceso da origen al acantilado. Otro es el transporte de los fragmentos de roca por el oleaje del mar va desgastando las formas angulosas, puliéndolas paulatinamente dando como resultado formas más redondeadas y lisas.

Figura 4.26. Localización de los perfiles resistivos en el área del proyecto Punta La Paz.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Perfil de resistividad N.01

Este perfil fue construido a partir del análisis de los 8 TEM desarrollados en el área, tiene una orientación SW-NE (T-19, T-16, T-10, T-15, T-08, T-06, T-01 y T-02) y con una longitud de 1.5 km (Figura 4.27).

La unidad U1 se tiene a lo largo de la porción más superficial del perfil, con un espesor promedio de unos 5 m y con resistividades que van desde 10 hasta 120 Ω*m lo que muestra su variabilidad en compacidad y por ende permeabilidad. Cabe señalar que cuando se habla de permeabilidad de las capas no es en términos de expresión hidráulica, sino únicamente como propiedad física que conceptualmente define la oportunidad que brinda la roca para almacenar o permitir el paso de un fluido.

La Unidad 2 presenta resistividades de 5 a 30 Ω*m. Donde La sub-unidad U2a se identificó como un cuerpo lenticular en el subsuelo con resistividades de 20 a 30 Ω*m, presentando un espesor máximo de 30 m en la parte suroeste en los sondeos T-19 y T-16. la sub-unidad U2b que presenta resistividades menores a 5 Ω*m, esta se presenta con un espesor de 40 m, a partir de una elevación de 10 a 70 m b.n.m. y se caracteriza por presentar la zona con intrusión salina.

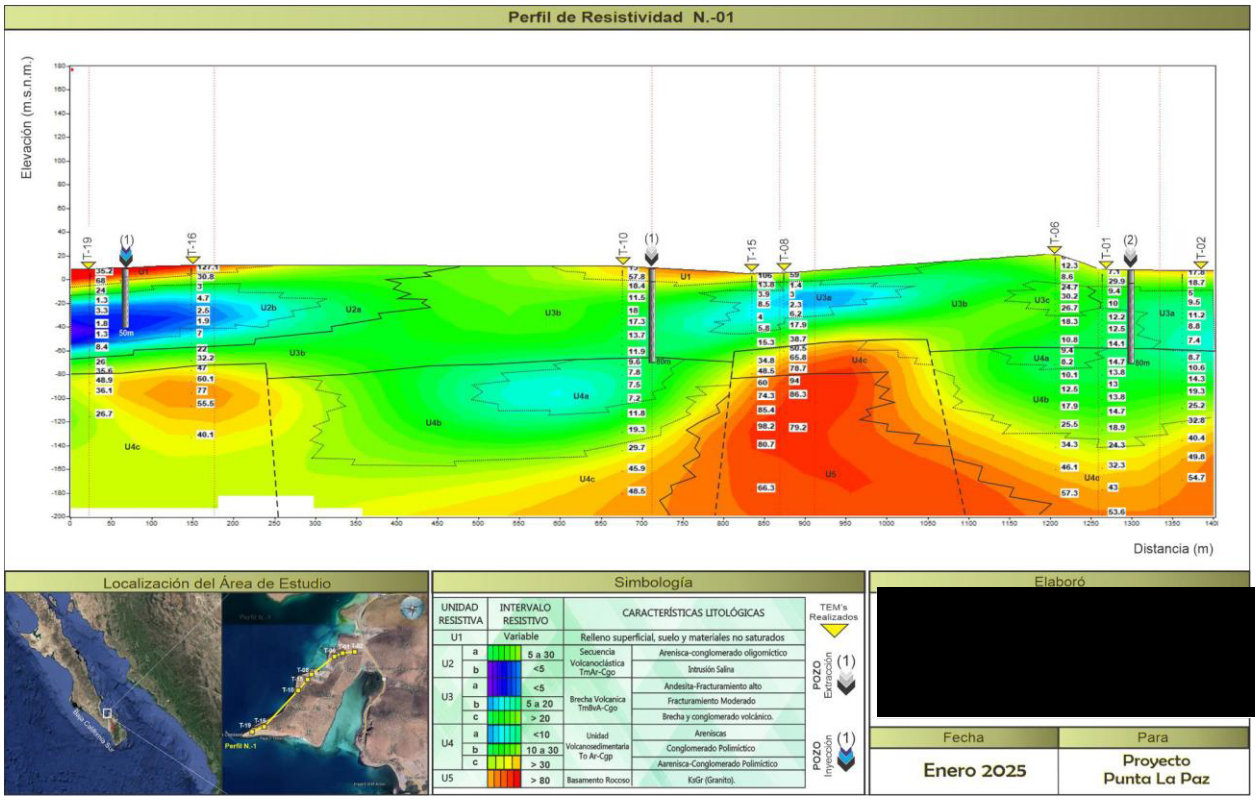
La unidad U3, presenta resistividades de 5 a 20 Ω*m, donde la sub-unidad U3a es caracterizada por presentar un fracturamiento alto y un rango de resistividad menor a 5 Ω*m, se puede apreciar en los sondeos T-15, T-08 y T-02 con un espesor promedio de 50 m, la sub-unidad U3b presenta un fracturamiento moderado con resistividades de 5 a 20 Ω*m, y se puede apreciar a lo largo de todo el perfil, con un espesor de 80 m en el sondeo T-10.

La sub-unidad U3c solo se observa en el sondeo T-06 con un espesor de 20 m y resistividades de 30 Ω*m.

La unidad U4 se caracteriza por resistividades de entre los 10 a 80 Ω*m. La unidad U5 se identificó en los sondeos T-15 y T-08 en la porción basal, caracterizado por un rango resistivo mayor de 80 Ω*m con un fracturamiento moderado, delimitando la fosa.

Hacia la porción suroeste en el sondeo T-10 se puede apreciar el límite de la fosa caracterizada por la sub-unidad U4c que presenta un fracturamiento moderado-bajo. Con resistividades de 40 a 80 Ω*m.

Figura 4.27. Perfil resistivo N.-01.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Perfil de resistividad N. 03

Este perfil fue construido a partir del análisis de 5 sondeos TEM (T-19, T-16, T20, T-17 y T-21), tiene una orientación general W-E y una longitud de 500 m (**Figura 4.28**). La interpretación general de este perfil sugiere la presencia de un basamento conglomerático

dominando en el subsuelo, con el desarrollo de cierto grado de fracturamiento a profundidad.

La unidad U1 se tiene en la porción más superficial del perfil, y se representa como una capa resistiva muy delgada menor a los 5 m con valores entre 30 y 140 Ω*m. caracterizados por suelos y materiales no saturados.

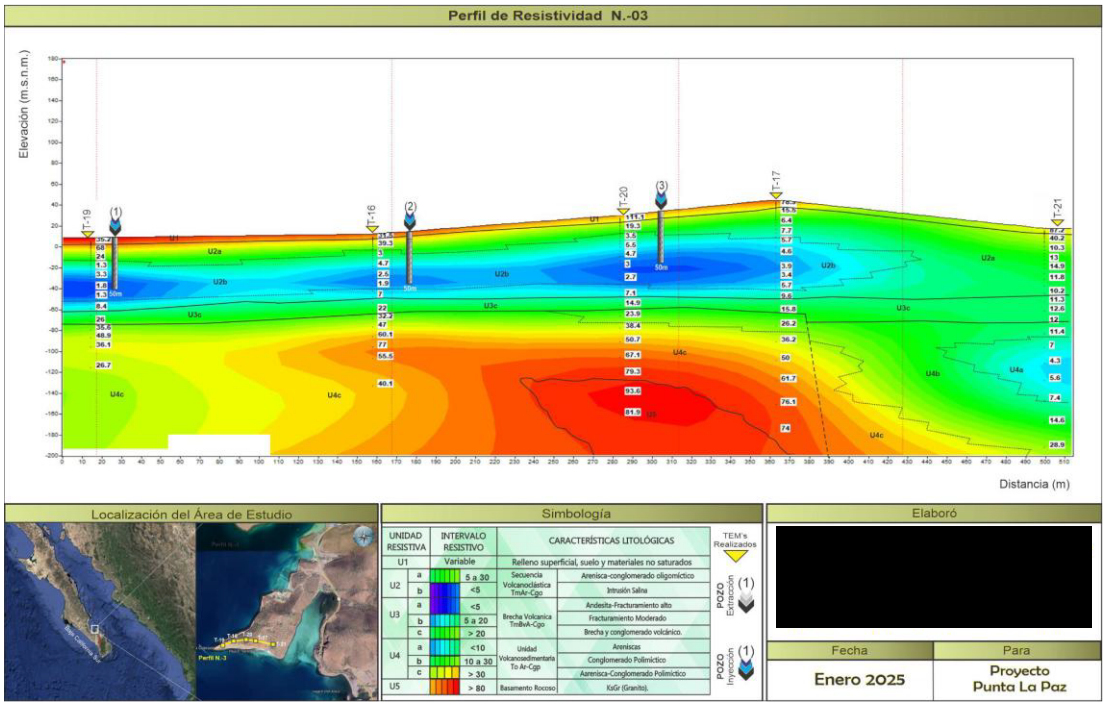
La unidad U2 tanto sus sub-unidades se muestran en todo el perfil, donde se puede apreciar la sub-unidad U2b caracterizada por un lente lenticular, con un rango de resistividad entre de 1 a 5 Ω*m, presentando un espesor máximo de 50 m en el sondeo T-20 acuñándose hacia la porción oeste, la cual presenta un espesor de 40 m en el sondeo T-19. En esta zona se aprecia la presencia de **intrusión salina.**

Se puede observar que la sub-unidad U2a se encuentra englobando la sub-unidad U2b, donde presenta espesores sub-superficial de 20 m con resistividades de 11 a 60 Ω*m por debajo de la sub-unidad U2b se encuentra con un espesor de 20 m y con resistividades de 11 a 28 Ω*m. y en el sondeo T-21 presenta un espesor 60 m con resistividades de 10 a 40 Ω*m.

La sub-unidad U3c se presenta a partir de los 70 m de profundidad a una elevación de 60 m.b.n.m. presenta resistividades de entre 12 a 26 Ω*m y un espesor de 20 m del sondeo T-10 al T22 y disminuye su espesor considerablemente hacia la porción oeste con un espesor 20 m.

La unidad U4 se identificó a partir de 90 m de profundidad con resistividades de 40 a 80 Ω*m. presenta un espesor de 120 m, a partir de una elevación de 80 m.b.n.m. la unidad U5 solo se aprecia en el sondeo T-20 con resistividades mayor de 80 Ω*m

Figura 4.28. Perfil resistivo N.-03.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Perfil de resistividad N. 06

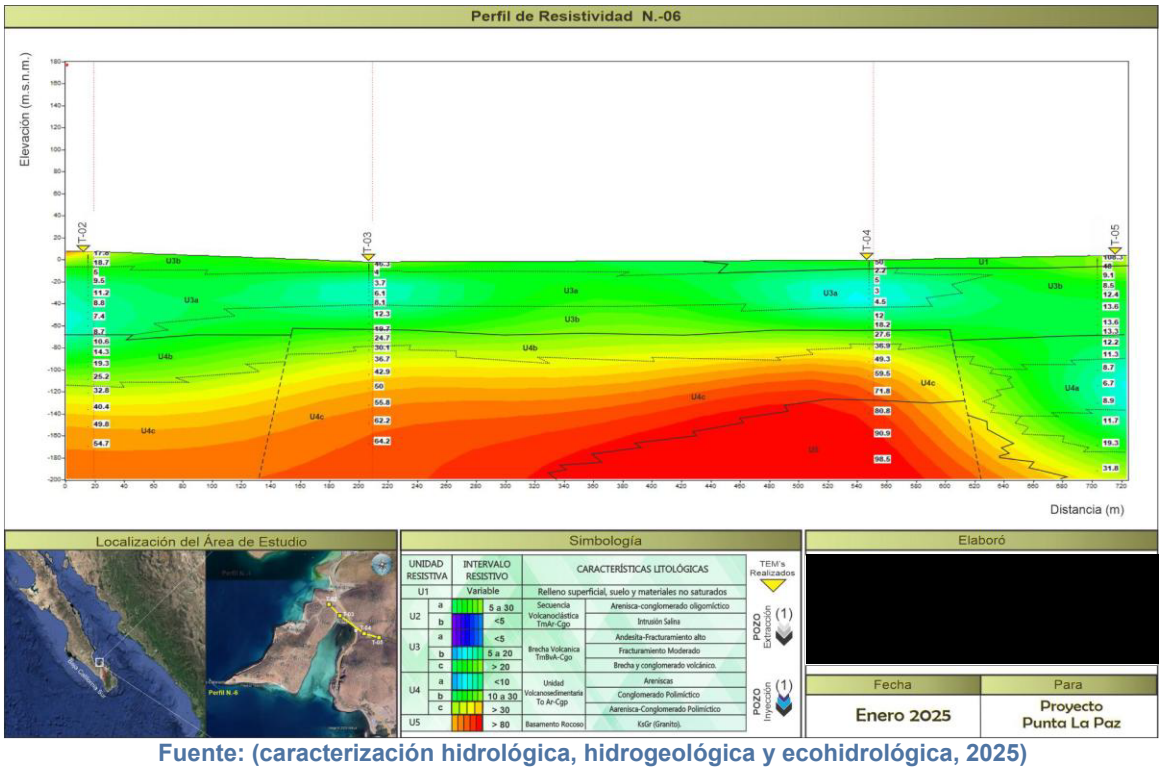
Este perfil fue construido a partir del análisis de 4 sondeos TEM (T-02, T-03, T-04 y T-05), tiene una orientación general NW-SE y una longitud de 700 m (Figura 4.29). La interpretación general de este perfil sugiere la presencia de un basamento conglomerático dominando el subsuelo, con el desarrollo de cierto grado de fracturamiento a profundidad.

La unidad U3 se encuentra ampliamente distribuida en el área. Se caracteriza por presentar resistividades de 3 a 20 Ω*m, Donde la sub-unidad U3a es caracterizada por presentar un fracturamiento alto y presentan un rango de resistividad menor a 5 Ω*m, se puede apreciar en los sondeos T-02, T-03 y T-04 con un espesor promedio de 50 m.

La sub-unidad U3b presenta un fracturamiento moderado con resistividades de 5 a 20 Ω*m, y se puede apreciar a lo largo de todo el perfil, con un espesor de 80 m en el sondeo T-05.

La Unidad U4 se observa en la parte del basamento con resistividades de 10 a 80 Ω*m. donde la sub-unidad U4b se observa con resistividades de 10 a 24 Ω*m. con un espesor de 40 m en el sondeo T-02 a partir de una elevación de 70 m b.n.m. y presenta un espesor de 20 m en el resto de los sondeos. La sub-unidad U4c es la más resistiva con valores de 30 a 70 Ω*m, con un espesor de 80 m a partir de una elevación de 100 m.b.n.m. La unidad U5 se observa en el sondeo T-04 con resistividades mayor a 80 Ω*m.

Figura 4.29. Perfil resistivo N.-6.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Perfiles geoeléctricos

A partir de la distribución de los TEM en la zona estudiada, se describe su interpretación geoeléctrica de los perfiles de resistividad.

Perfil Geoeléctrico N.01

Las características generales para las unidades geoeléctricas se agruparon en tres grupos: A) rocas del basamento, B) rocas volcánicas, C) rocas sedimentarias y depósitos sedimentarios recientes. La descripción hace énfasis principalmente en las rocas que se encuentran en el área de estudio, con una profundidad máxima de 200 m. (Figura 4.30).

La Unidad 2 está caracterizada por una secuencia volcanoclástica, A esta toba riolítica Aranda-Gómez y Pérez-Venzor, la han nombrado de manera informal toba El Caimancito, la cual se caracteriza por contener una toba muy pumicitica, con presencia de algunos depósitos (lentes) pequeños de conglomerado y arenisca. Dentro de esta unidad se tiene una zona fracturada arenosa la cual permite el paso de la intrusión salina que se aprecia en los sondeos T-19 y T-16 el cual presenta un espesor de 50 m y penetrando a 300 m al continente. La intrusión marina existe de manera natural en el medio permisivo.

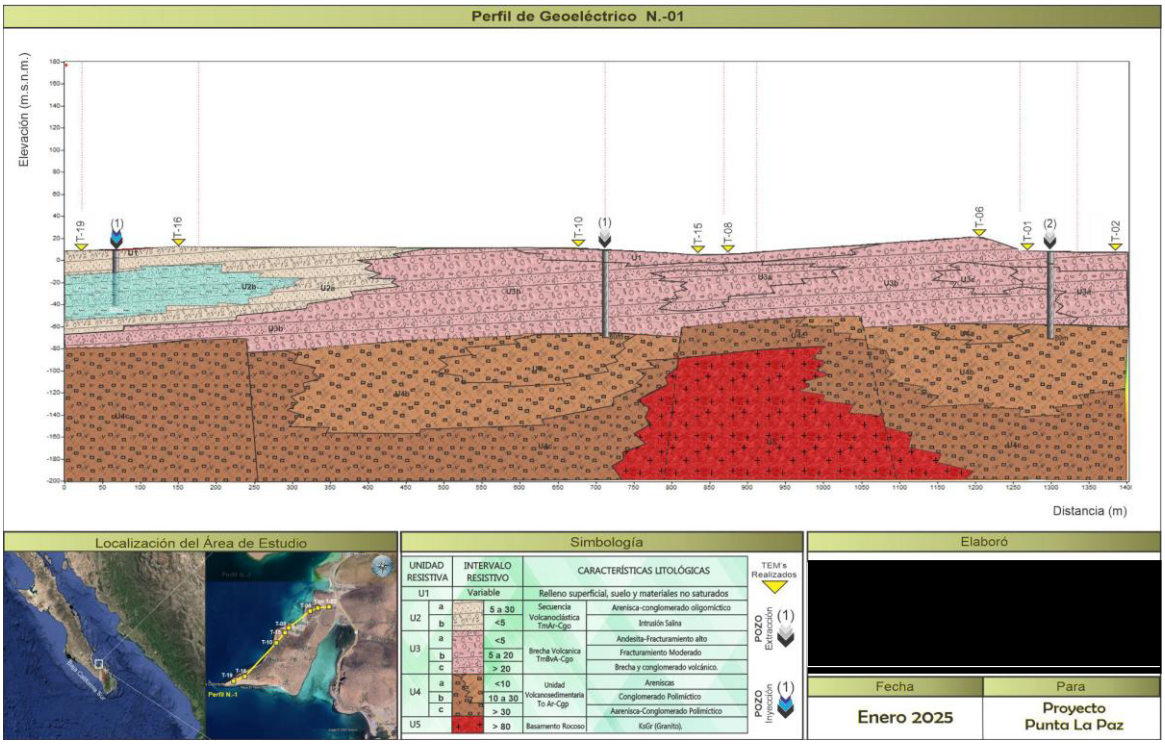
La unidad U3 son las brechas volcánicas, que se encuentra ampliamente distribuidas en el área. Se caracteriza por ser conglomeráticos formada por fragmentos de rocas de origen ígneo extrusivo de composición basáltica y andesítica. Esta unidad presenta un espesor de 80 m, se interpreta que la zona cuenta con granulometría más fina o fracturada, la cual puede permitir el paso del agua subterránea.

La unidad U4 se caracteriza por una secuencia vulcanosedimentaria de areniscas conglomeráticas donde se aprecian en la parte basal del perfil rellenando las fosas. Esta unidad se aprecia un estrato más uniforme con un espesor de 120 m, a partir de una elevación de 80 m.b.n.m. al igual que la unidad anterior se tiene una granulometría fina o fracturada la cual puede ser atractiva desde el punto de vista hidrogeológico, en términos de probable baja capacidad hidráulica, representativa de este tipo de materiales.

La unidad U5 se identificó en los sondeos T-15 y T-08 en la porción basal, caracterizado por un basamento granodioritico según su rango resistivo tiene valores mayores a 80 Ω*m con un fracturamiento moderado delimitando la fosa.

Con el mismo criterio de primero realizar pruebas hidráulicas en barrenos o pozos, se ubicaron en este perfil un sitio de inyección en el sondeo T-19 (N.-1) a una profundidad de 50 m, con el objetivo de cortar la secuencia volcanoclástica que presenta intrusión salina y probablemente sea la zona más fracturada del conglomerado. También se proponen 2 sitios para pozos de extracción en los sondeos T-10 y T-01 a una profundidad de 80 m con el objetivo de cruzar la zona con granulometría más fina o fracturada, de las unidades U3 y U4.

Figura 4.30. Perfil geoeléctrico N.-01.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

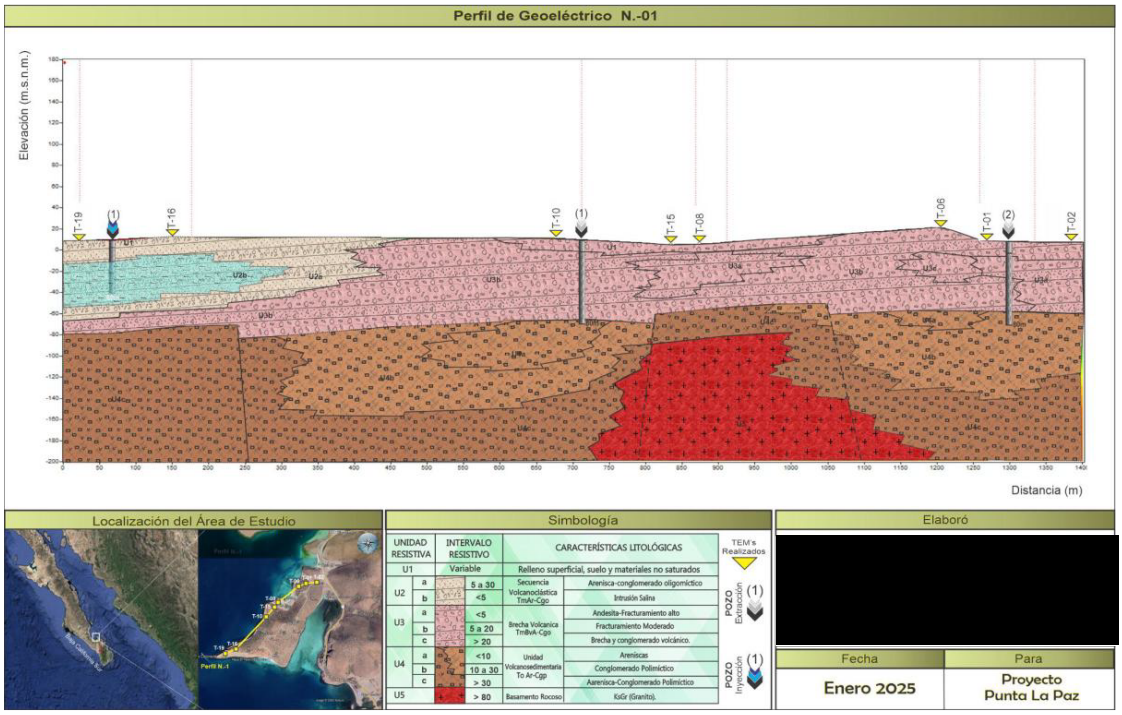
Perfil geoeléctrico N. 03

Al igual que el perfil geoeléctrico anterior (Figura 4.31) la interpretación es similar con estudios previos y con las evidencias de campo. Los sondeos electromagnéticos (TEM) realizados definen que un acuífero freático se aloja en los sedimentos fluvio-aluviales, que han sido transportados por los escurrimientos superficiales y depositados en los cauces de los arroyos y en la planicie costera, y estratigráficamente en la secuencia volcanosedimentaria que constituye un medio rocoso fracturado.

En este perfil geoeléctrico se muestran los conglomerados volcanoclásticos gruesos de la Unidad U2, se pueden apreciar a lo largo de todo el perfil con un espesor de 70 m. Dentro de esta unidad se intercala una zona con granulometría más fina o fracturada que se caracteriza por ser una zona con intrusión salina cuyo espesor es de 40 m.

También se aprecia un estrato uniforme, caracterizado por la unidad U3 conglomerática de composición basáltica y andesítica. Presenta un espesor de 20 m a lo largo del perfil a partir de una elevación de 60 m.b.n.m. Por debajo de esta unidad se encuentra la unidad U4 que es una secuencia volcanoclástica de conglomerados oligocenos que se encuentran de manera interdigitada como un cambio de facies estratigráfico en capas, este conglomerado polimíctico está conformado por fragmentos de rocas metamórficas y graníticas del tamaño de las gravas. Finalmente, toda la secuencia descansa sobre el basamento rocoso de la unidad U5, que en el sondeo T-20 se encuentra a una profundidad de 160 m.

Figura 4.31. Perfil geoeléctrico N.-03.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Perfil geoeléctrico N.06

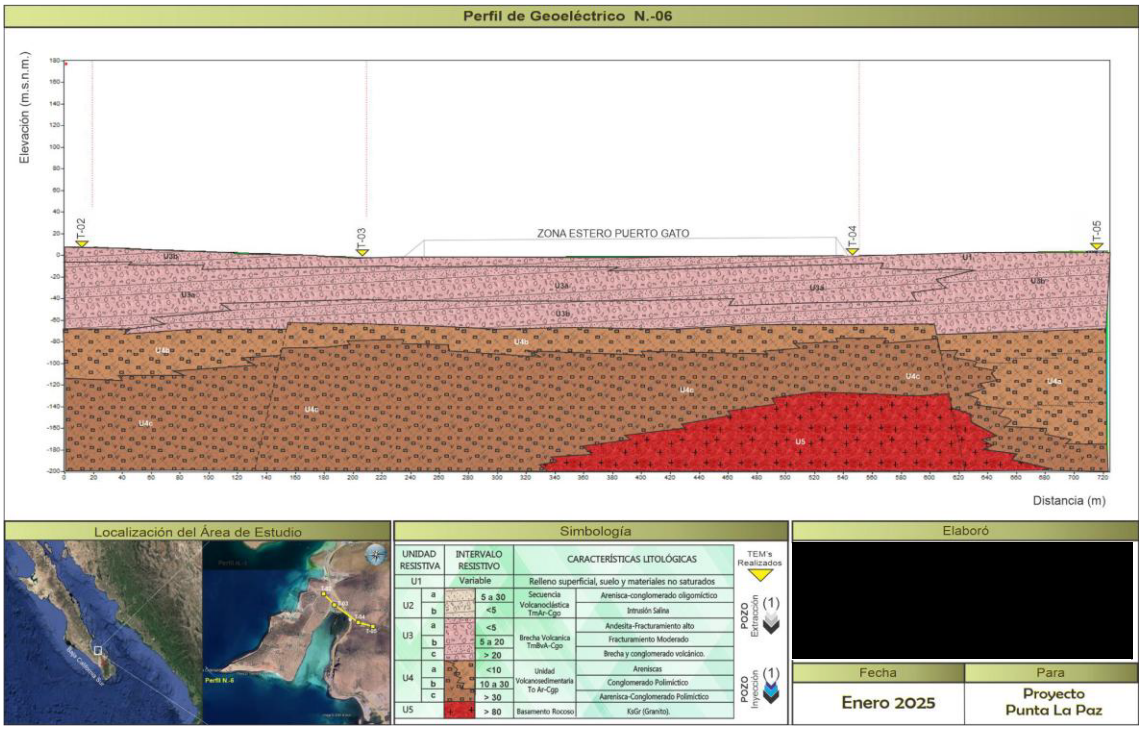
Este perfil se encuentra en la porción norte, el alcance máximo en profundidad es de 200 m. En la interpretación geoeléctrica (Figura 4.32), continúa considerándose esta zona como las brechas volcánicas, que se encuentran ampliamente distribuidas en el área. Se caracteriza por contener fragmentos conglomeráticos de rocas de origen ígneo extrusivo de composición basáltica y andesítica.

La interpretación geoeléctrica en este perfil presenta espesores de 70 m de la unidad U3, con su resistividad del subsuelo, las características litológicas son susceptibles de saturarse y permitir el paso del agua con facilidad. Si bien se observa integrada por una sucesión de horizontes y capas de materiales permeables, con variaciones en su granulometría de media a gruesa y espesores que van de 20 a 70 metros, que constituyen la sub-unidad U3a sobre la cual se encuentra el estero Puerto Gato.

La Unidad U4 caracterizada por una secuencia volcanoclástica de conglomerados oligocenos que se encuentran de manera interdigitada, se tienen capas de conglomerado polimíctico conformado por fragmentos de rocas metamórficas y graníticas del tamaño de las gravas, se puede observar que en el sondeo T-05 nos indica un sistema de falla normal se encuentra limitando una fosa hacia la porción este, nos indica un fracturamiento alto a moderado con un espesor de 60 m, la cual puede ser atractiva desde el punto de vista hidrogeológico.

La unidad U5 se observa en el sondeo T-04 caracterizado por un basamento granodioritico formando una barrera hidrológica a la porción Este del perfil.

Figura 4.32. Perfil geoeléctrico N.-06.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

4.3.1.2.10. Condiciones hidroestructurales

Los perfiles resistivos son reflejo de representar las condiciones de permeabilidad de los materiales en el subsuelo a partir de los valores obtenidos en los sondeos y se pueden expresar igualmente en forma espacial con la proyección de los valores de las resistividades en planos a diferentes elevaciones (m.s.n.m.), el objetivo es visualizar en forma extendida sobre el área estudiada la distribución de las resistividades bajo la superficie.

Desde el punto de vista hidroestructural el concepto se refiere a aquellos alineamientos que muestran los principales eventos que han fracturado las rocas y dejaron debilidades por donde el agua puede circular, estas son fallas normales con rumbo NW con echados al NE y SW y algunas componentes con rumbo NE-SW.

El aspecto hidroestructural es complejo sobre todo en las inmediaciones de la playa el Tesoro y el Estero puerto Gato, donde existen varios periodos de deformación, entre los que están las fallas de bajo ángulo parcialmente cizalladas, lo que probablemente sugiere que exista flujo subterráneo que intercomunica al estero Puerto Gato con la Playa Tesoro, aproximadamente entre la elevación 20 m.b.n.m. (Figura 4.33).

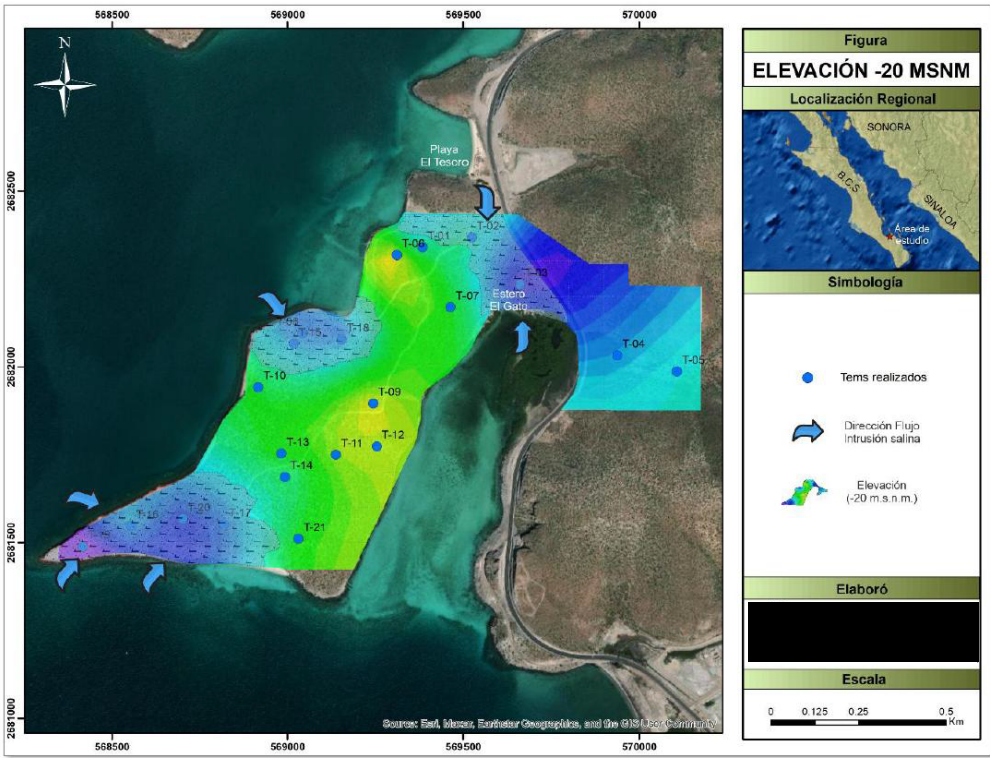
En la misma Figura 6.11, se observan tres entradas con dirección al continente. Una entrada ubicada sobre el sondeo T-19 al suroeste del predio, la segunda se encuentra ubicada sobre el sondeo T-08 al oeste del predio, la tercera entrada se encuentra ubicada sobre el sondeo T-02 y T-03 ubicada entre la Playa el Tesoro y El Estero el Gato, lo que indica una posible zona de comunicación de flujo subterráneo entre ambas zonas.

El hecho de que la zona de estudio se encuentra ubicada sobre una margen continental que ha sido afectada por varios procesos de convergencia y divergencia, dio origen a la formación de las fosas tectónicas, con orientación NW-SE que modelaron de esta manera un relieve peninsular gobernado por bloques escalonados, con sensible basculamiento hacia el poniente y fallas laterales dextrales, que se le asocia a la intrusión de estructuras tabulares (diques) de diferente composición.

Las fronteras al flujo subterráneo y el basamento hidrogeológico están conformadas por las mismas rocas volcánicas y volcanosedimentarias, a mayor profundidad desaparece el fracturamiento en las rocas del complejo ígneo-metamórfico.

El movimiento del agua subterránea por el medio granular está controlado por las variaciones de permeabilidad de los diferentes depósitos sedimentarios, a diferencia de las rocas fracturadas citadas, en donde el medio fracturado define la trayectoria del flujo, ya que su circulación depende del patrón de fracturas y fallas, así como de la configuración de los bajos estructurales en el subsuelo, lo que hace su tránsito muy aleatorio.

Figura 4.33. Plano de elevación -20 m.s.n.m. con dirección de flujo de intrusión salina.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

4.3.1.3. Hidrología

Condiciones naturales de la cuenca

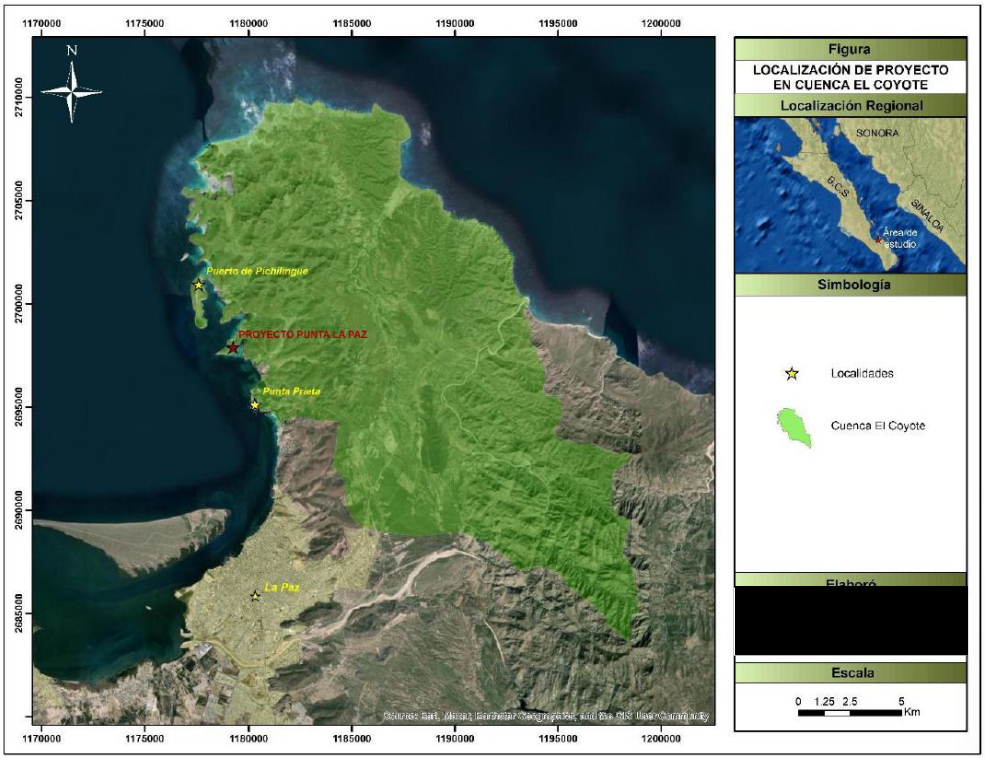
El área de estudio se localiza dentro de la Región Hidrológica No. 6, Baja California Sureste; esta región se encuentra localizada en la zona Sureste de la península de Baja California, ocupa la parte oriental del estado de Baja California Sur desde Bahía Concepción hasta Cabo San Lucas. Se localiza parcialmente entre los municipios de Mulegé, Comodú, Loreto, La Paz y Los Cabos. La superficie de esta región es de 11,590 km^2.

En la Región Hidrológica No. 6, las corrientes superficiales principales son El Salto, El Mortero, El Novillo, Las Tarabillas, Timbabichi, Las Vírgenes y Cadejé.

El municipio de La Paz se localiza en la Región Hidrológica 6; la población de La Paz, cabecera municipal, se encuentra ubicada en la cuenca hidrológica La Paz, la cual comprende desde el nacimiento del arroyo El Novillo hasta su desembocadura en el Mar de Cortés, con un área de 1,410.3 km^2.

Hidrológicamente, la zona del proyecto Punta La Paz queda ubicado en la cuenca hidrológica El Coyote la cual comprende desde el nacimiento del Arroyo Casas Viejas hasta su desembocadura en el Mar de Cortés, con un área de 274.49 km^2 (Figura 4.34); de acuerdo con los resultados del estudio de disponibilidad media anual de aguas superficiales, publicados en el Diario Oficial de la Federación de fecha 28 de diciembre de 2023, **la cuenca El Coyote tiene un escurrimiento natural por cuenca propia 3.875 millones de m3 anuales.**

Figura 4.34. Localización del proyecto en la cuenca El Coyote.

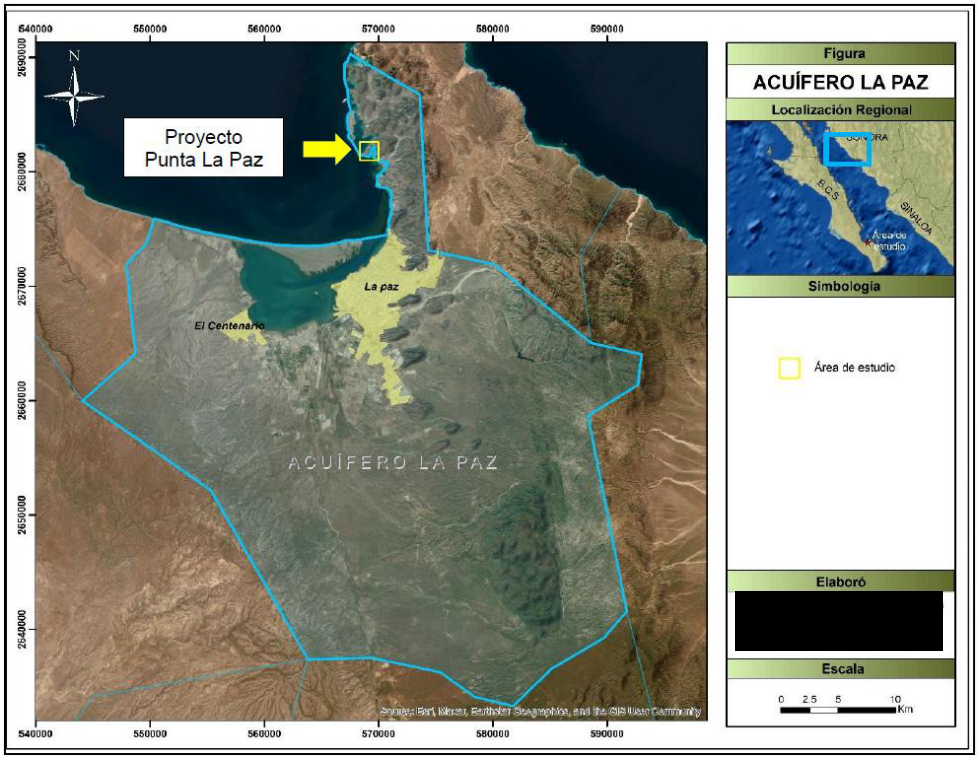


Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Situación administrativa

El acuífero pertenece al Organismo de Cuenca Península de Baja California, al Consejo de Cuenca Baja California Sur, instalado el 03 de marzo de 2000 y es jurisdicción de la Dirección Local en Baja California Sur. Su territorio se encuentra completamente vedado y sujeto a las disposiciones de dos decretos de veda. El primero rige en la mayor parte de su superficie y es el “Acuerdo que establece el Distrito Nacional de Riego de Baja California Sur, declarando de utilidad pública la construcción de las obras que lo forman”, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 2 de julio de 1954. La porción norte está sujeta a las disposiciones del “Acuerdo que establece el Distrito Nacional de Riego de Baja California Sur, declarando de utilidad pública la construcción de las obras que lo forman”, publicado en el DOF el 2 de julio de 1954. Ambas vedas son de tipo III, en las que la capacidad de los mantos acuíferos permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros (CONAGUA, 2024).

Figura 4.35. Localización del Proyecto en el acuífero La Paz.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Por otro lado, la actualización de la disponibilidad media anual de agua estimada dentro del polígono analizado del acuífero administrativo Peñón Blanco y publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 09 de noviembre del 2023, señala que tiene una recarga media anual de 21.0 millones de metros cúbicos, con un volumen concesionado de agua subterránea de 34.488 millones de metros cúbicos.

De acuerdo con lo anterior, el resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones, por el contrario, el déficit es de 13.488 millones de m3 anuales.

Tabla 4.10. Volumen de agua subterránea disponible en el acuífero La Paz (DOF, 09/11/23).

Clave	Acuífero	R	DNC	VCAS	VEALA	VAPTYR	VAPRH	POSITIVA	NEGATIVA (DÉFICIT)
CIFRAS EN MILLONES DE METROS CUBICOS ANUALES									
0324	LA PAZ	21.0	0.0	29.584608	0.000000	4.549032	0.354763	0.000000	-13.488404

R: recarga total media anual; **DNC**: descarga natural comprometida; **VEAS**: volumen de extracción de aguas subterráneas; **VCAS**: volumen concesionado/asignado de aguas subterráneas; **VEALA**: volumen de extracción de agua en las zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente; **VAPTYR**: volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA; **VAPRH**: volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica; **DMA**: disponibilidad media anual de agua del subsuelo. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" (fracciones 3.10, 3.12, 3.18 y 3.25), y "4" (fracción 4.3), de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.

De acuerdo con la zona hidrogeológica La Paz, realizado por INEGI, en 2019, el proyecto Punta La Paz se localiza en la parte norte de la zona hidrogeológica donde no se localizan pozos, por lo cual la unidad hidrogeológica donde se ubica corresponde **a una recarga potencial baja.**

El acuífero de La Paz presenta un espesor máximo de 400 m, con características de buena porosidad y permeabilidad que no es garantía de encontrarlo saturado, esta porosidad puede ser doble, porque se lo confieren los depósitos de origen aluvial, arenas finas a gruesas con arcillas, gravas, guijarros y cantos rodados, así como materiales terrígenos de origen volcánico como brechas y conglomerados. En el proyecto Punta La Paz ubicado a más de 10 km de la zona de pozos de la ciudad, se presentan rocas volcánicas y depósitos vulcanosedimentarios, que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento.

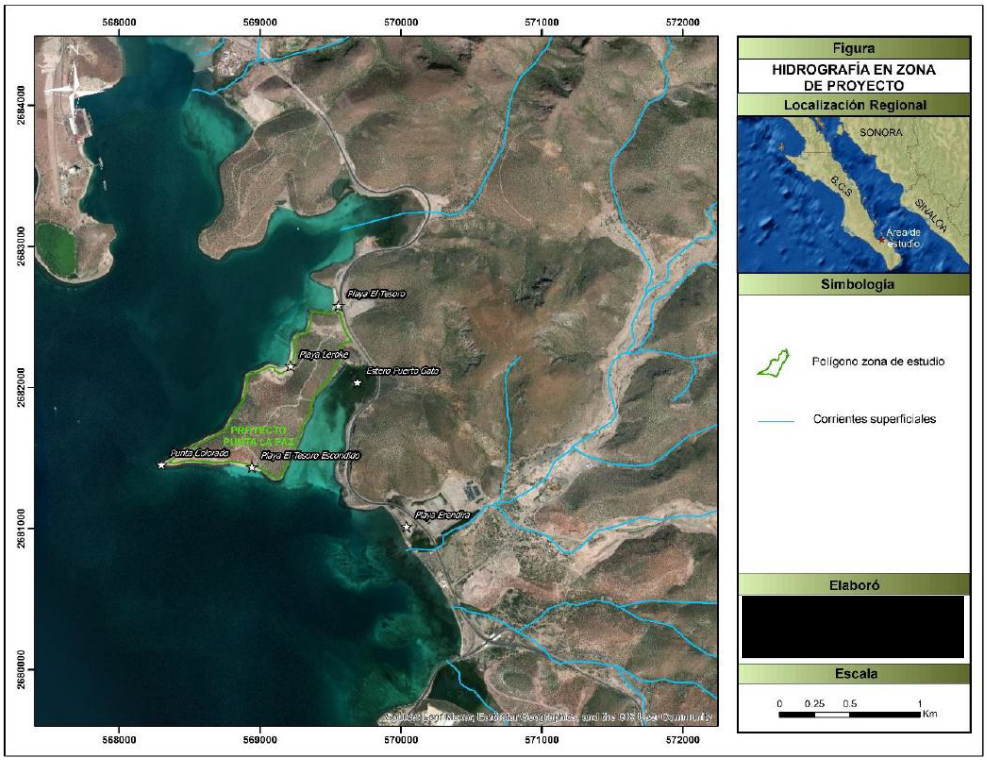
4.3.1.3.1. Hidrología Superficial

El polígono del proyecto tiene una superficie de 0.524 km^2. En él se ubican microcuencas que escurren en todas direcciones y descargan en el Golfo de California. En la Figura 4.36 se presenta el polígono del proyecto, y la red hidrográfica obtenida del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas, SIATL, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. De acuerdo con la información del SIATL, en el sitio de proyecto no existen escurrimientos superficiales.

En la Figura 4.37 se presenta la delimitación de las microcuencas, indicando los escurrimientos a partir de los modelos digitales de elevación obtenidos; en la figura se presentan los cauces que pudieran presentarse, aunque físicamente, en las condiciones actuales no se observan cárcavas de magnitudes importantes en la superficie del terreno.

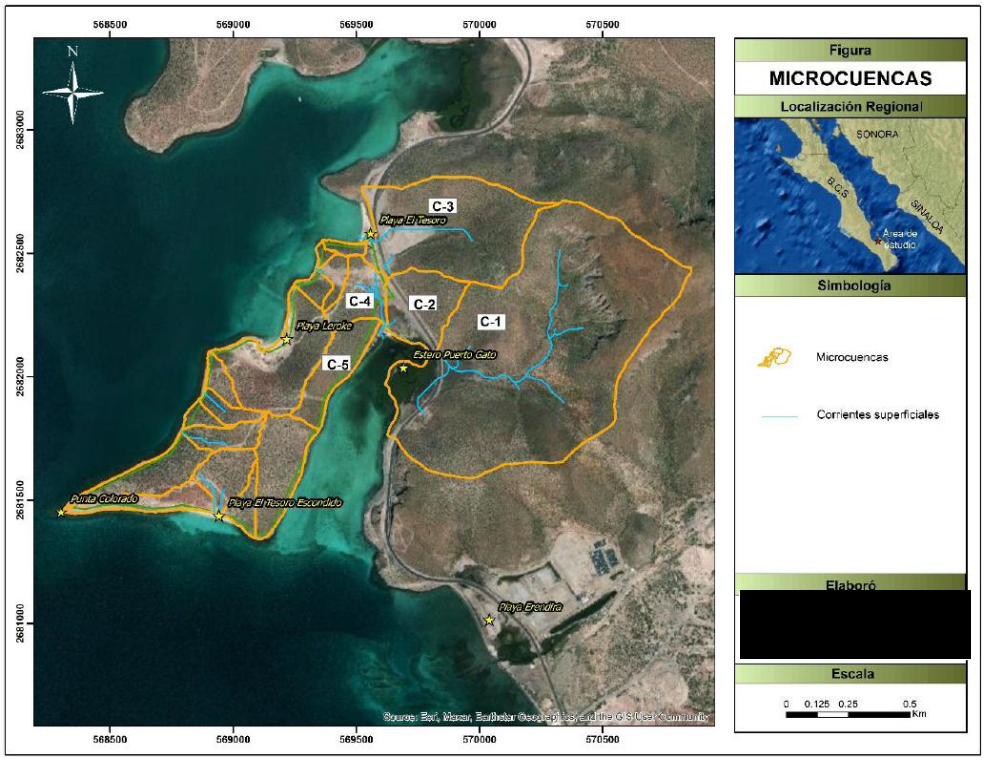
En la Figura 4.38 se presenta la dirección de los escurrimientos de las microcuencas, donde se observa que el flujo superficial ocurre en todas direcciones, hacia el mar.

Figura 4.36. Hidrografía en la zona donde se localiza el Proyecto.



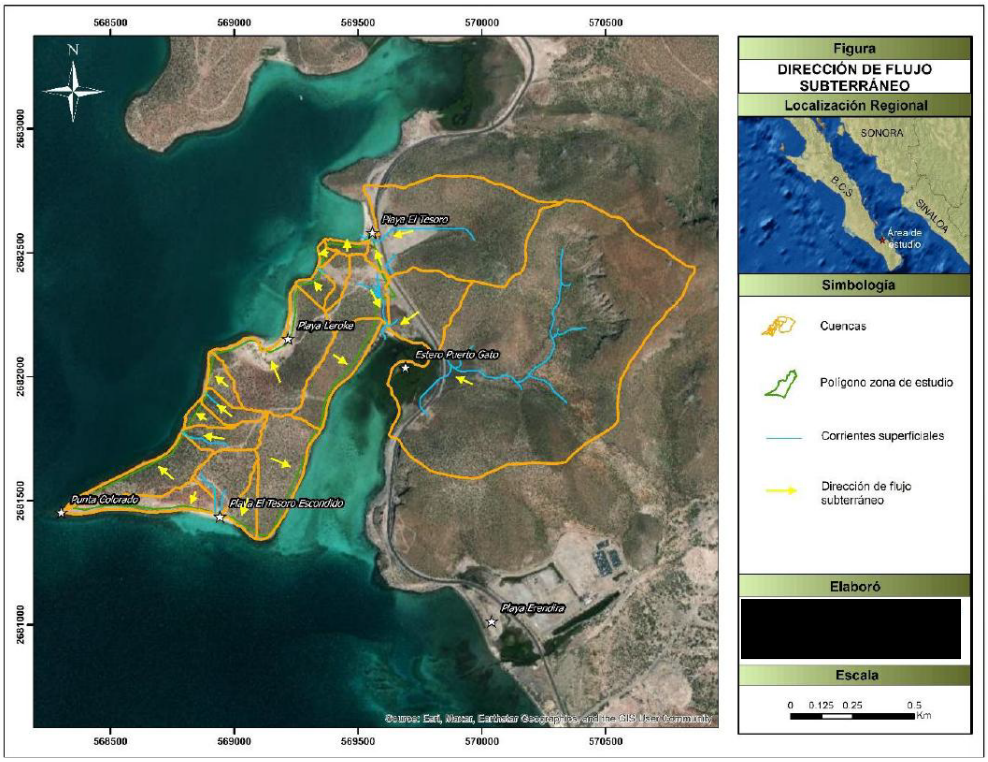
Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Figura 4.37. Hidrografía de la cuenca hasta el proyecto.



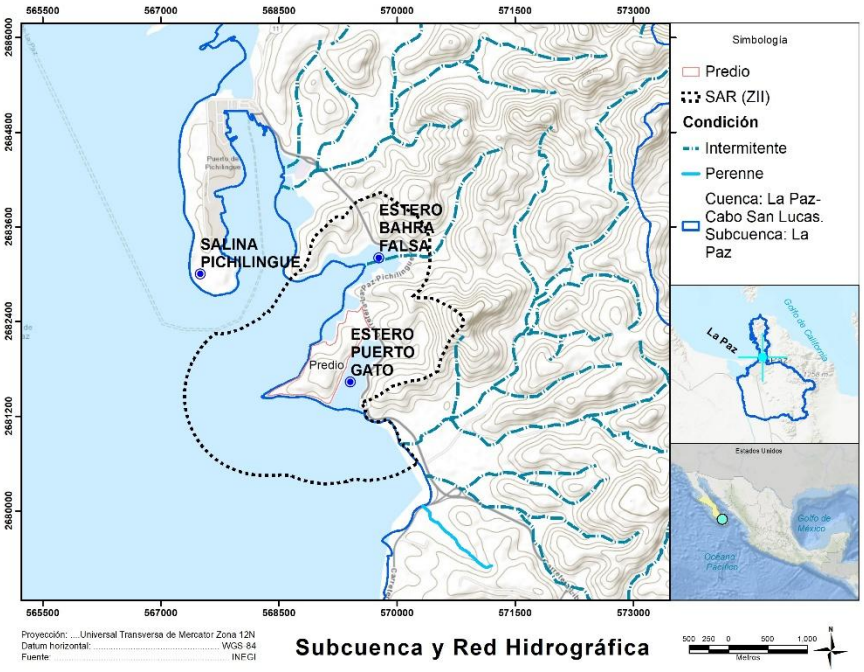
Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Figura 4.38. Dirección de los escurrimientos.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

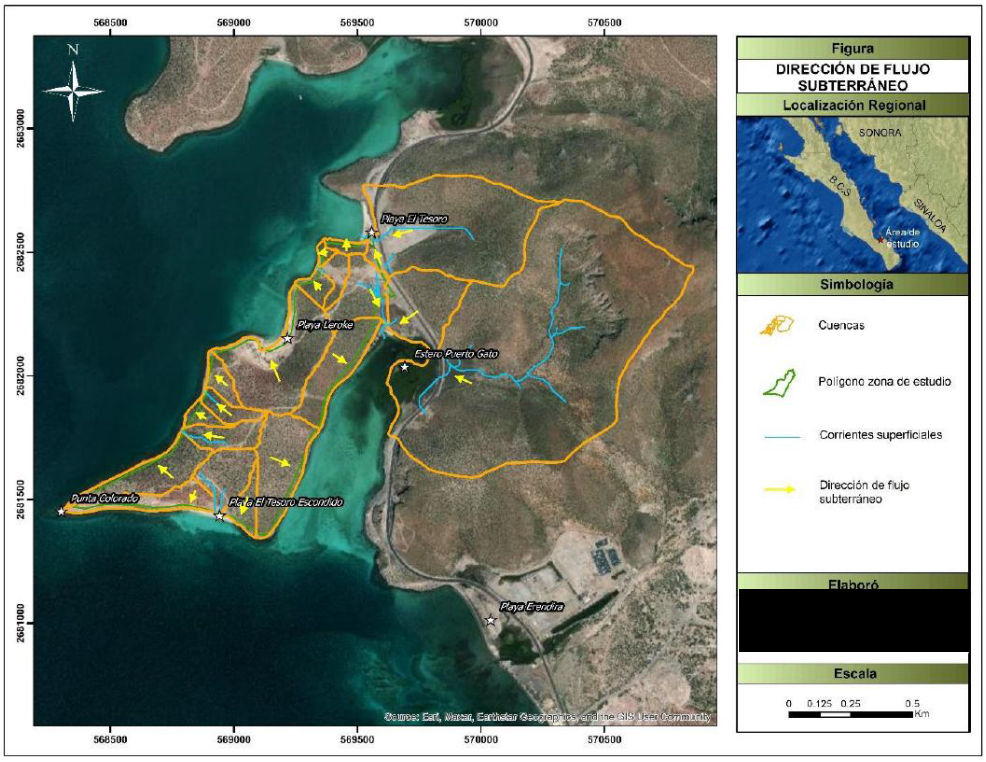
Figura 4.39. Ubicación del proyecto en la Subcuenca y SAR.



Fuente: Red Hidrográfica, Escala 1:50,000, Segunda Edición.

Se presenta la dirección de los escurrimientos de las microcuencas, donde se observa que el flujo superficial ocurre en todas direcciones, hacia el mar.

Figura 4.40. Dirección de los escurrimientos de las microcuencas.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Tabla 4.11. Resumen de escurrimientos medios anuales en la cuenca (m3).

Cuenca	Método (m3/anuales)		
	Coef. De escurrimiento	Langbein	Transp. de inf. hidrompetrica
C-1	6,981	5,219	11,907
C-2	690	516	1,177
C-3	2,168	1,621	3,697
C-4	416	311	709
C-5	522	390	890

Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

A partir de los cálculos de escurrimientos de aguas superficiales y todos los parámetros climatológicos que intervienen, se realizó el balance hidrometeorológico en la superficie de las microcuencas C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5 del proyecto Punta La Paz. Este balance se emplea para estimar las componentes de pérdidas y ganancias del ciclo hidrológico.

En la Tabla 4.12 se presenta un resumen de los valores que intervienen en el balance hidrometeorológico. En la Figura 4.41 se presenta una imagen con la localización de las microcuencas analizadas y los valores obtenidos en el balance.

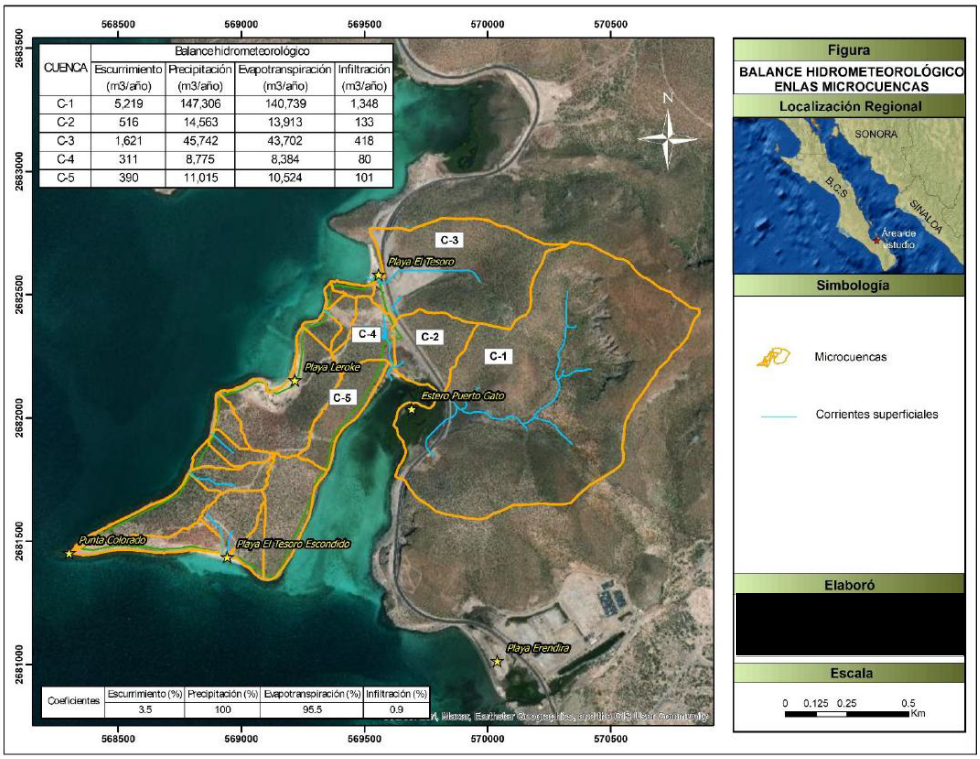
Tabla 4.12. Balance hidrometeorológico en la zona de estudio.

Cuenca	Balance hidrometeorológico			
	Escurrimiento (m^3/año)	Precipitación (m^3/año)	Evapotranspiración (m^3/año)	Infiltración (m^3/año)
C-1	5,219	147,306	140,739	1,348
C-2	516	14,563	13,913	133
C-3	1,621	45,742	43,702	418
C-4	311	8,775	8,384	80
C-5	390	11,015	10,524	101

Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Aplicando el balance hidrometeorológico, el potencial de infiltración al subsuelo es del orden del 1% de la lluvia en la zona del Proyecto.

Figura 4.41. Balance hidrometeorológico en las microcuencas.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Estero Punta el Gato

Como ya se mencionó anteriormente, el ambiente del medio abiótico ya ha sido impactado con anterioridad, tanto por causas naturales, como la escasez de agua (sequías prolongadas), como por causas antropogénicas, por lo cual, para conocer las condiciones hidroambientales actuales del área del Estero Puerto Gato, se realizaron recorridos basándose en transectos y se tomaron parámetros de campo del agua (pH, conductividad eléctrica, STD y temperatura).

Tabla 4.13. Parámetros físicos del agua medidos en campo.

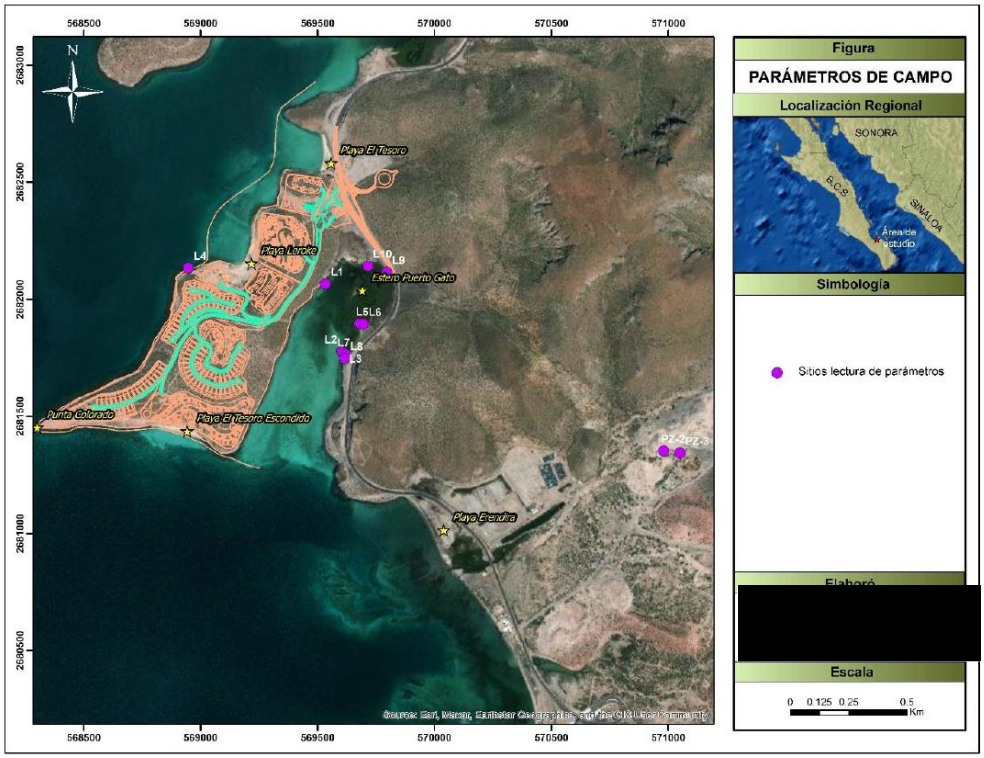
FECHA	CLAVE	COORDENADAS wgs84		pH	CE (µS/cm)	STD (ppm)	T°C	TIPO
		X	Y					
09/02/2025	L1	569534	2682066	6.24	55580	27830	22.83	Agua de mar
11/02/2025	L2	569603	2681777	8.14	55760	27860	25.62	Agua de mar
11/02/2025	L3	569612	2681771	8.53	54700	27360	24.95	Agua de mar
11/02/2025	L4	568947	2682134	8.45	54370	27170	22.55	Agua de mar
12/02/2025	L5	569680	2681897	8.22	57040	28530	15.00	Agua de mar
12/02/2025	L6	569696	2681894	8.02	31440	16150	14.28	Agua de mar
12/02/2025	L7	569621	2681765	8.12	55630	27820	17.00	Agua de mar
12/02/2025	L8	569617	2681748	8.19	54890	54890	15.95	Agua de mar
12/02/2025	L9	569796	2682116	8.12	55600	27810	16.38	Agua de mar
12/02/2025	L10	569717	2682142	8.20	54690	27380	16.00	Agua de mar
12/02/2025	PZ-2	570981	2681352	7.76	5703	2866	21.89	NORIA (agua subterránea)
12/02/2025	PZ-3	571050	2681344	7.70	6787	3294	23.46	NORIA (agua subterránea

Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

El esquema de funcionamiento del Estero Puerto Gato, indica que el sistema no es capaz de mantener su gasto ecológico con el agua superficial (escurrimientos) ya que el volumen de escurrimientos de las cuencas del área es muy bajo, en el orden de 6,436 m3 anuales, de los cuales se estima un volumen potencial de infiltración de infiltran 1,662 m3 anuales, y parte de esta agua infiltrada se acumula en el subálveo del arroyo y parte alcanza el estero como flujo subterráneo desde el oriente.

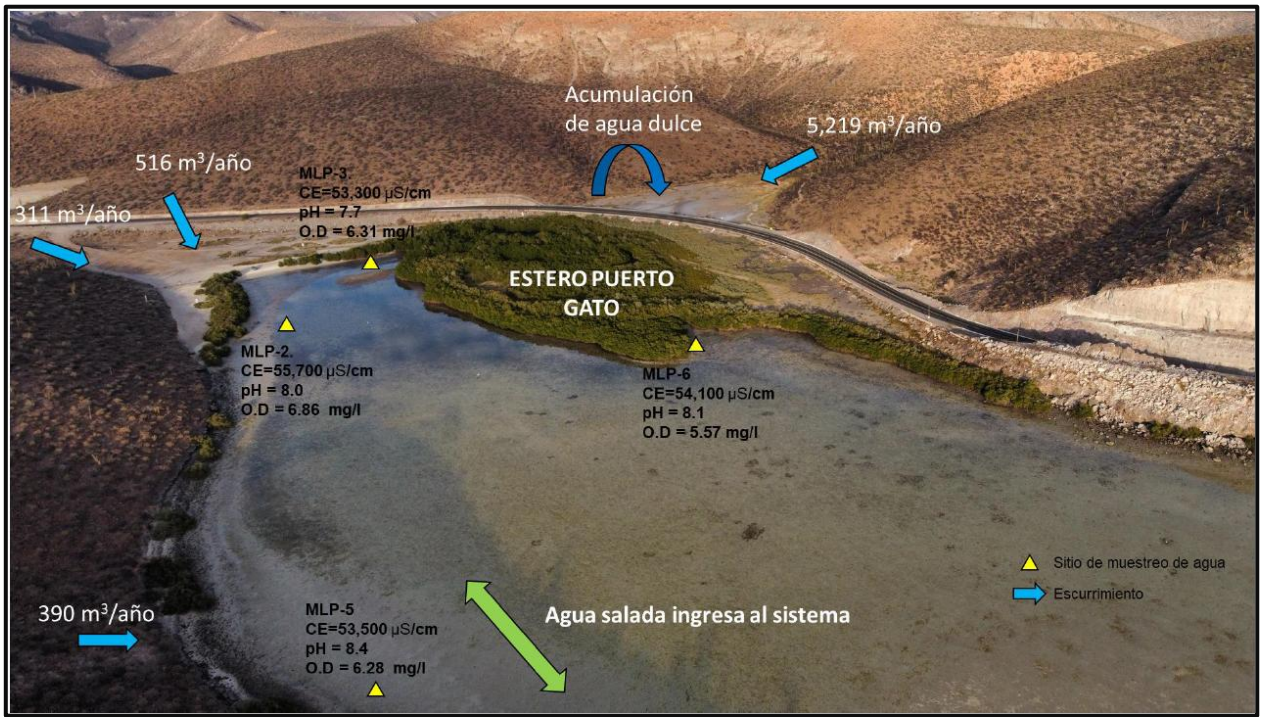
Bajo el esquema anterior y los datos obtenidos del entorno del estero Puerto (Punta) Gato, este de manera natural recibe baja aportación de gasto ecológico desde el continente y del área del predio y escasamente cubre sus servicios ambientales con agua subterránea, y se mantiene fundamentalmente con agua de mar que ingresa por el suroeste y predomina en el sistema lagunar, la cual tiene fluctuaciones de oleaje y oscilaciones durante el día por efecto de las mareas.

Figura 4.42. Localización de sitios de medición de parámetros físicos de agua.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Figura 4.43. Esquema de funcionamiento del Estero Puerto Gato.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

4.3.1.3.2. Unidades geohidrológicas subterráneas

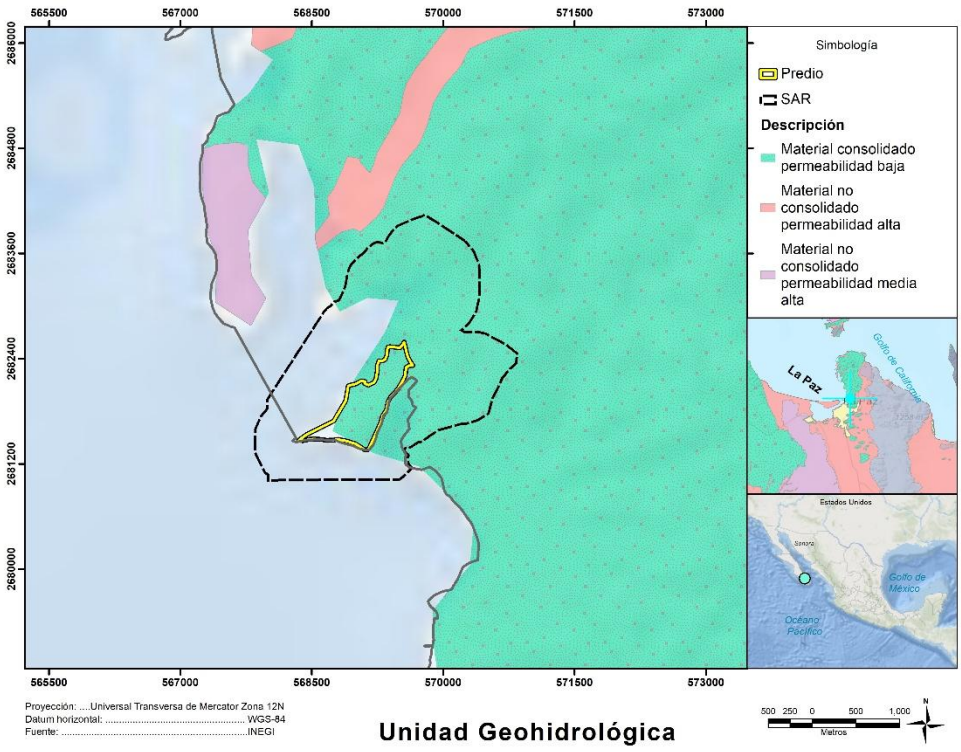
En base al origen geomorfológico del suelo y al tipo de rocas presente (ya descrito), en el SA se presentan las siguientes unidades geohidrológicas, las cuales se definen como la clasificación de las unidades con posibilidades para encontrar agua subterránea en función de las características físicas y químicas de las rocas:

Material consolidado con posibilidades bajas: Se considera como material consolidado, aquel formado por roca masiva, coherente y continua. Con posibilidades bajas se refiere a que presenta baja permeabilidad o espesores y áreas reducidas por lo que no son susceptibles de contener agua económicamente explotable. Para el caso del SA estas se localizan casi en la totalidad de la zona de estudio ya que comprenden un 91%. Su grado de rendimiento geohidrológico (que es el rendimiento para extraer mayor o menor cantidad de agua del subsuelo) es menor a 10 lts/segundo.

Material no consolidado con posibilidades altas: Se considera como material no consolidado aquel formado por material disgregable, suelto y no cementado. Con posibilidades altas se refiere a que presenta condiciones de permeabilidad y transmisibilidad muy favorables, que permiten inferir la posible existencia de agua. Su grado de rendimiento geohidrológico es mayor a 40 lts/segundo.

Material no consolidado con posibilidades medias: Se considera en esta categoría cuando presenta condiciones de permeabilidad y transmisibilidad favorables, que permiten inferir la posible existencia de agua del subsuelo. Su grado de rendimiento geohidrológico es de 10-40 lts/segundo, y se localiza solo una pequeña área ubicada en la localidad de Sayulita, tal como se puede ver en la siguiente imagen.

Figura 4.44. Unidades geohidrológicas del SAR

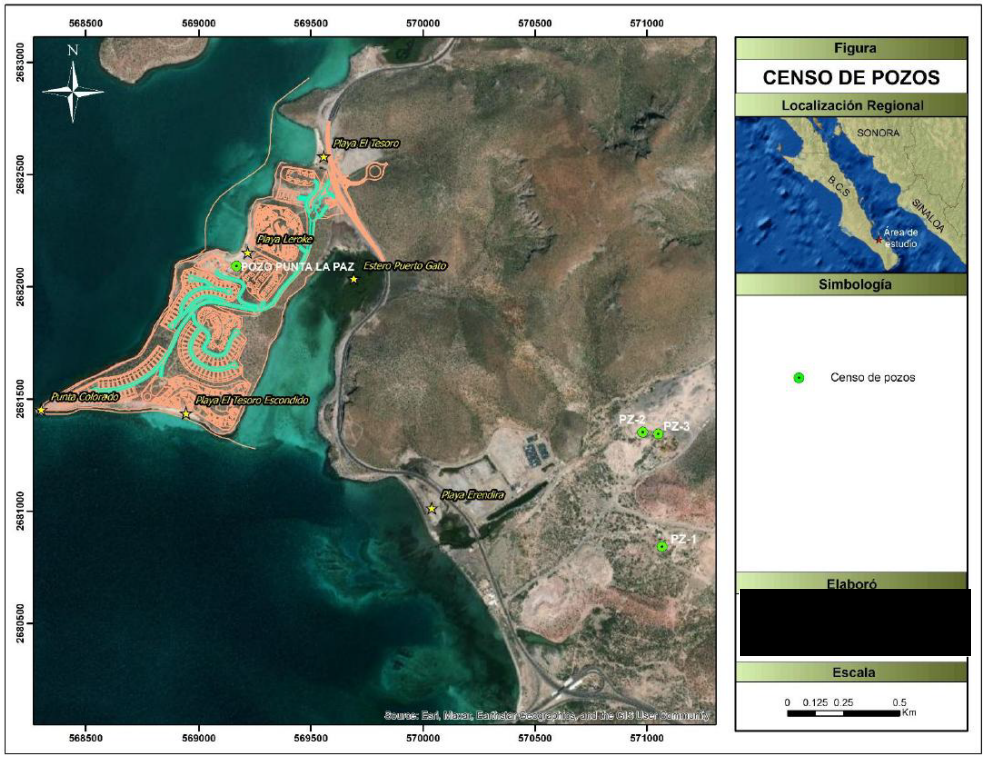


4.3.1.3.3. Hidrología subterránea

Con el fin de conocer las condiciones y el comportamiento de las variaciones de los niveles del agua en distintos tipos de aprovechamientos, se llevó a cabo un censo de niveles del agua en distintos tipos. En los recorridos realizados se observó que no hay pozos de abastecimiento, solo se identificaron algunas norias excavadas en los arroyos a profundidades de 10 a 15 m, para aprovechar la zona aluvial, ya que en el área predomina las rocas volcanoclásticas. En la parte sureste a 2 km aproximadamente, se localizaron 3 norias la profundidad del nivel estático varia de 6 a 11 m.

Dentro del predio del proyecto se localizó un pozo, sin embargo, se encuentra colapsado a los 3.15 m, por lo cual no se puedo determinar la profundidad del nivel estático.

Figura 4.45. Plano de localización de pozos censados.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Por otro lado, la elevación del nivel estático oscilo entre 5.58 y 9.91 msnm, aun cuando son pocos datos, se realizó una configuración de isolíneas para determinar la dirección preferencial del flujo subterráneo. La dirección del flujo subterráneo es al noroeste el cual converge con otro flujo con dirección suroeste, es decir del continente hacia el mar.

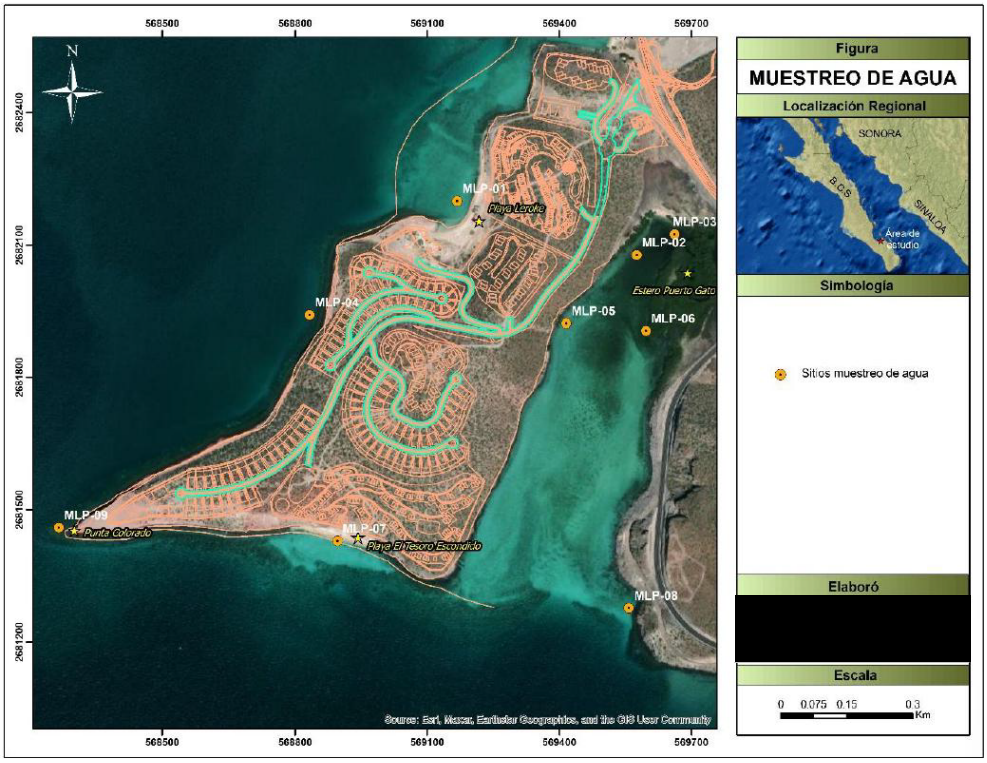
4.3.1.3.4. Calidad del agua

La química del agua en cualquier punto refleja importantes influencias: litológicas, atmosféricas, climáticas y antropogénicas; por lo que es fundamental poder identificar y cuantificar estas influencias.

Se seleccionaron los sitios para determinar la calidad del agua de los cuerpos de aguas superficiales, con el propósito de identificar la hidrogeoquímica del sistema, se llevó a cabo la toma de 9 muestras de agua del Estero Puerto Gato y agua de mar alrededor del proyecto Punta La Paz.

La toma de las muestras de agua en campo, estuvo a cargo del personal del laboratorio ABC Química, Investigaciones y Análisis S.A. de C.V, el cual se encuentra debidamente acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación A.C. (EMA) bajo el número de acreditación: AG-096-029/11 y aprobación de la CONAGUA: CNA-GCA-2877.

Figura 4.46. Plano de localización de sitios de muestreo de agua.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

La química del agua en cualquier punto refleja importantes influencias: litológicas, atmosféricas, climáticas y antropogénicas; por lo que es fundamental poder identificar y cuantificar estas influencias. Con el propósito de identificar la hidrogeoquímica del sistema, se llevó a cabo la toma de 5 muestras de agua dentro y fuera del área del proyecto para efectuar su análisis fisicoquímico.

La calidad del agua superficial fue evaluada de acuerdo con los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89. Así mismo se consideraron los indicadores de calidad de agua superficial de CONAGUA.

En la Tabla 4.14 se muestran los resultados de las muestras de agua provenientes del laboratorio comparados contra los límites permisibles de los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89, protección de la vida acuática, agua marina (áreas costeras), donde los números en rojo indican que el resultado obtenido de la muestra sobrepasa el LMP.

Tabla 4.14. Resultados de laboratorio comparados contra los LMP de los criterios ecológicos de calidad del agua (CE-CCA-001/89).

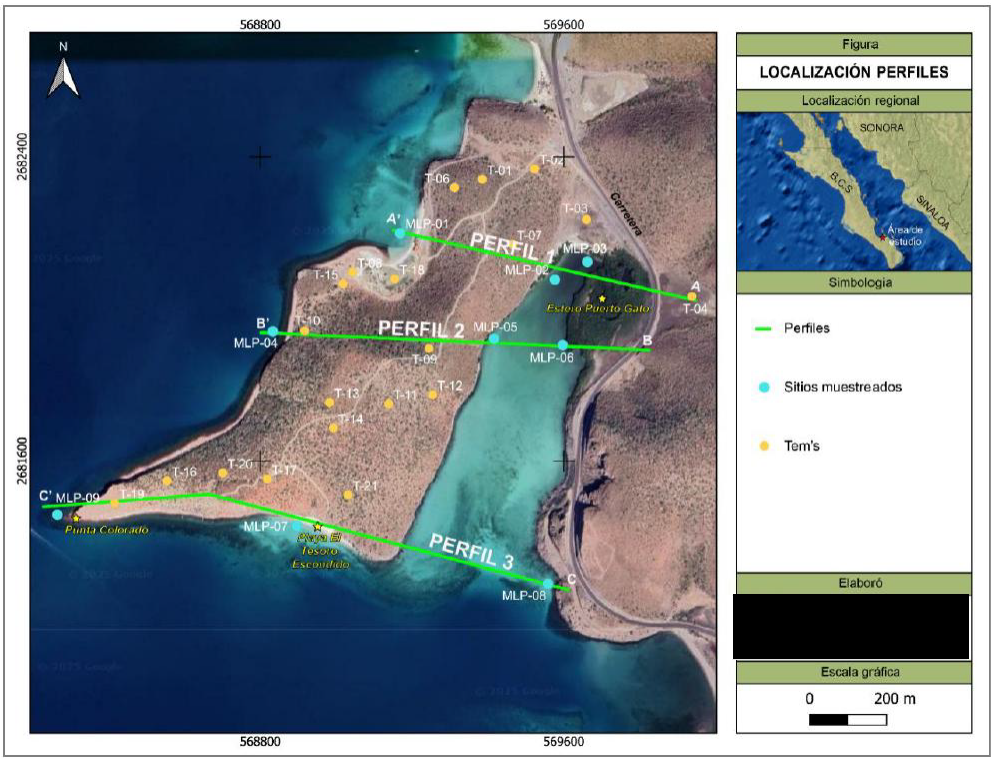
PARÁMETRO /UNIDADES	MLP-1	MLP-2	MLP-3	MLP-4	MLP-5	MLP-6	MLP-7	MLP-8	MLP-9	CE-CCA-001/89
Conductividad Electrolítica en campo (µS/cm)	53200	55700	53300	53400	53500	54100	53200	52800	54300	
Oxígeno Disuelto en Campo (mg/L)	6.41	6.86	6.31	5.99	6.28	5.57	4.82	6.45	8.83	5.0
Temperatura en campo (°C)	22	23	23	18	19	18	21	20	20	
pH en campo (U pH)	8	8	7.7	8.1	8.4	8.1	7.9	8.1	8.3	5 a 9
Arsénico Total (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01
Cadmio Total (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0009
Cloruros Totales (mg/L)	20909.82	21944.96	23911.73	22151.99	22876.59	21220.3	21841.45	21220.37	21220.37	
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	ND	ND	ND	ND	4	ND	ND	ND	ND	200
Color Verdadero (U Pt-Co)	ND	8	8	ND	ND	3	ND	ND	ND	
Cromo Total (mg/L)	ND	0.0068	ND	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	
Demanda Bioquímica De Oxigeno (DBO5) Total mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dureza Total (mg/L) CaCO3	6769.464	8962.53	11165.61	7490.472	6689.352	7390.332	6829.548	11215.68	6368.904	
Escherichia Coli NMP/100 mL	ND	ND	ND	ND	4	ND	ND	ND	ND	
Fierro Total (mg/L)	ND	0.3155	0.1519	ND	ND	ND	0.0222	ND	ND	0.05
Grasas y Aceites (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Manganeso Total (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Mercurio Total (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.000064	0.00002
Nitratos (mg/L) (Nitrógeno de)	0.027069	0.024803	0.028966	0.037086	0.026518	0.022809	0.022356	0.022978	0.041362	0.04
Nitritos (Nitrógeno de) (mg/L)	0.012985	0.013551	0.013535	0.013034	0.01219	0.01072	0.011043	0.011263	0.015077	0.002
Plomo Total (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.006
SAAM (CALCULADO COMO L.A.S. PM 288 Umas)	0.118026	0.102856	0.088057	0.073627	0.069927	0.092127	0.069927	0.095457	0.103226	0.1
Solidos Disueltos Totales (mg/L)	38370	39845	41045	37885	37690	39335	38660	38930	37725	
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	26	238.6	150.8	37.4	32.8	41.2	45.6	22.9	18.6	
Turbiedad (UNT)	1.4	22	8.2	0.4	1.3	1.2	3.7	1.2	0.55	
Fosfatos Totales (mg/L)	0.550038	1.119467	0.965096	0.461053	0.442935	0.427103	0.468942	0.410095	0.509931	0.002
Fosforo Total	0.179751	0.365839	0.315391	0.150671	0.14475	0.139576	0.153249	0.134018	0.166644	
CE-CCA-001/89	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE CALIDAD DEL AGUA. Protección de la vida acuática, agua marina (áreas costeras),									

Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

4.3.1.3.5. Perfiles geoquímicos

Con la finalidad de conocer las condiciones del agua en el proyecto Punta La Paz, se elaboraron perfiles geoquímicos, a partir de los perfiles geofísicos y geoeléctricos se construyeron tres transectos con base hidrogeoquímica.

Figura 4.47. Localización de los perfiles geoquímicos realizados en el área de estudio.



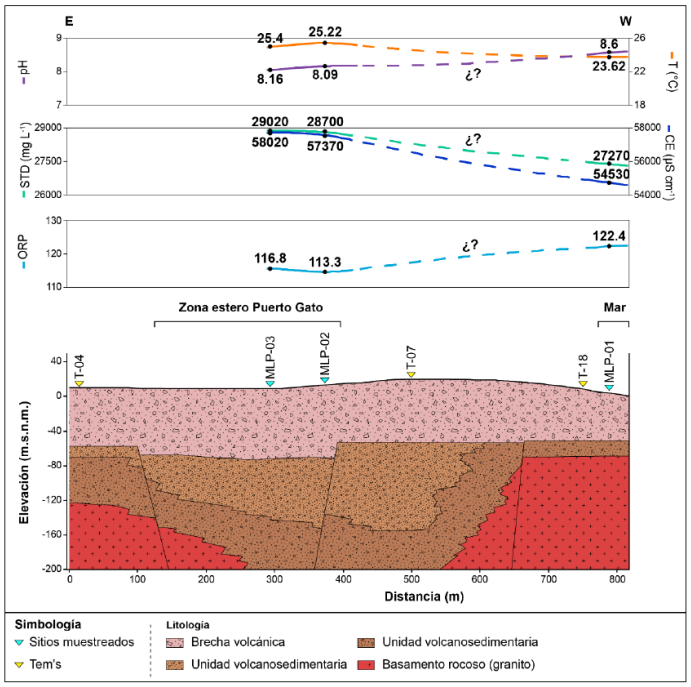
Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Tomando las características del estero y la hipótesis de aporte de agua al humedal, el muestreo de agua se trazó cruzando el predio con tres transectos para cubrir los diferentes cuerpos de agua, sin embargo, en el predio no existen obras de infraestructura hidráulica para tomar muestra de agua subterránea.

El pH del agua en los sitios MLP 5, 6 y 8 a diferencia del pH típico del mar (8.2-8.3) se encuentran entre 7.1 y 7.7 que sugiere la aportación de agua más ácida, que se acerca al neutro. Estos valores denotan que existe una aportación que mezcla agua dulce con agua de mar en tres sitios de descarga de flujo subterráneo. En las tres ubicaciones se observa vegetación sana de manglar.

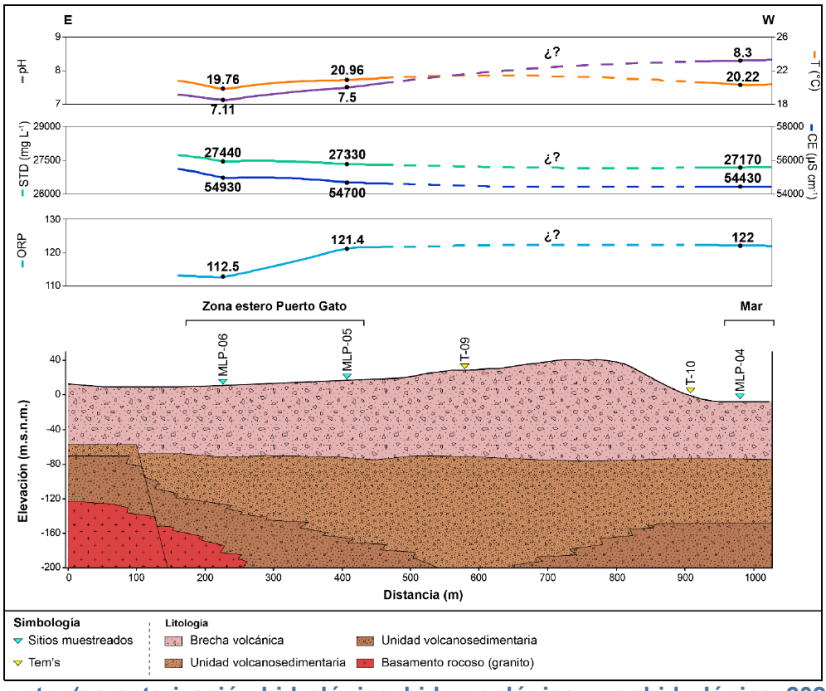
Los transectos permitieron observar las diferentes calidades a la entrada y salida del estero Puerto Gato, estableciendo su estado base. Lamentablemente, al interior del predio no existe aprovechamiento en donde tomar muestra de agua subterránea.

Figura 4.48. Perfil-1- Gráficas que trazan la variación horizontal de los parámetros fisicoquímicos, en la parte norte del Estero Puerto Gato.



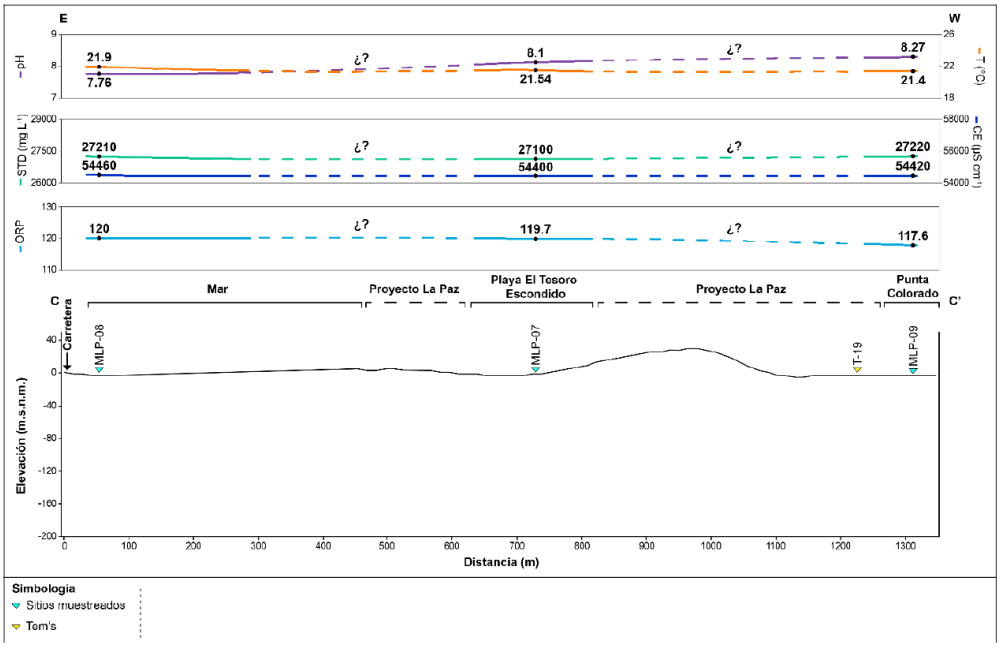
Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Figura 4.49. Perfil-02. Gráficas que trazan la variación horizontal de los parámetros fisicoquímicos, en la parte sur del Estero Puerto el Gato.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

Figura 4.50. Perfil-03. Gráficas que trazan la variación horizontal de los parámetros fisicoquímicos, en la parte sur.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025)

4.3.1.4. Descripción de la zona de referencia marino costera bahía y ensenada de la paz

Las características abióticas y bióticas de la Bahía de La Paz y de la Ensenada de la Paz están ampliamente documentadas en la literatura científica y en Estudios Ecológicos Especiales realizados para proyectos de aprovechamiento turístico ya autorizados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en la Península El Mogote, los cuales fueron realizados por especialistas locales y regionales integrantes de sólidas instituciones de investigación científica y educación superior de la Ciudad de La Paz, como son el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN) y el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, Unidad La Paz (CICESE-La Paz).

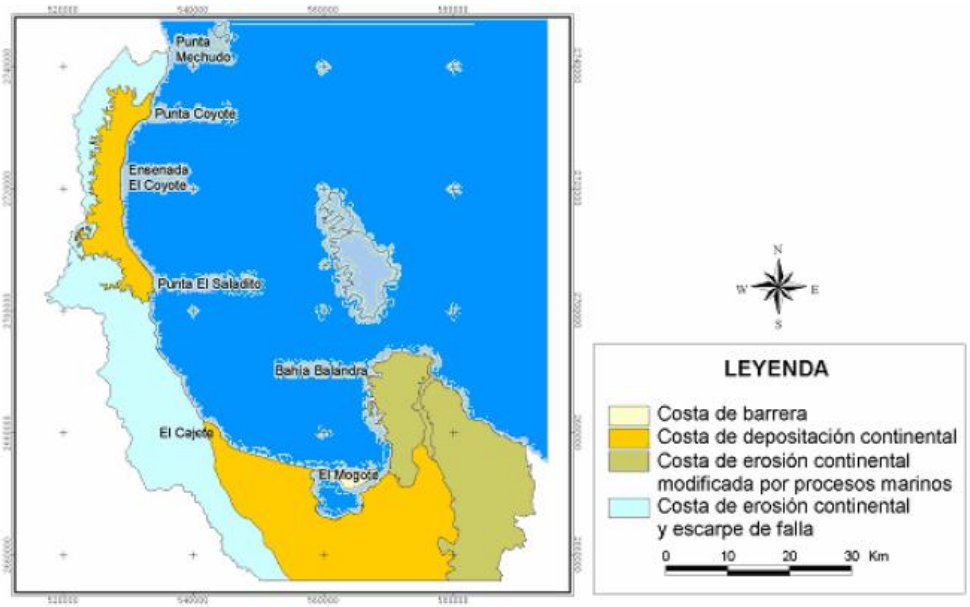
Por lo anterior, a continuación, se presentan los antecedentes y características del ambiente marino de la Bahía y la Ensenada de la Paz, con base en dicha información científica disponible, ya que permite la adecuada descripción de la zona de referencia marino costera del proyecto motivo de esta MIA-R.

Características generales del ambiente marino y litoral

Tipos de costas y ambientes marinos

Según la clasificación genética de Shepard (1976), en la Bahía de La Paz predominan las costas primarias, aunque también se pueden distinguir algunas costas secundarias. Entre las costas primarias se pueden encontrar aquellas moldeadas por la erosión continental, fallas y depositación continental, mientras que entre las que resultan de la acción de procesos marinos o secundarias se observan costas de barrera, costas de manglar y costas rectas e irregulares, moldeadas por el oleaje (Figura 4.51).

Figura 4.51. Tipos de costa en la bahía de la Paz de acuerdo a la clasificación genética de Shepard (1976)



La mayor parte de las costas de la bahía tienen un carácter primario, a excepción de la costa de la Península El Mogote que es de carácter secundario (costa de barrera). Las costas de la península de Pichilingue exhiben un carácter primario del tipo costa de erosión continental, aunque su línea de costa ha sido modificada por procesos secundarios, de tal forma que a lo largo de ella se observan rasgos de origen secundario como caletas, playas carbonatadas, dunas, manglares y marismas. En el extremo noroeste de la bahía y la parte occidental central, las costas son del tipo de erosión continental con presencia de escarpa de falla las cuales se distinguen por ser costas irregulares, angostas y de pendiente abrupta, ligeramente modificadas por la presencia de abanicos aluviales, depositados en la desembocadura de los arroyos que drenan las cañadas. A este tipo de costas se asocian ambientes de arcillas carbonatadas, plataformas de abrasión angostas, playas angostas de arena y guijarros, barricadas de bloques redondeados y angulosos, fondos rocosos con cabezas de coral y dunas costeras.

Las zonas entre Punta Coyote y El Saladito y entre El Cajete y el Estero Zacatecas se clasifican como costas compuestas por abanicos aluviales depositados al pie de la montaña, alineados por la erosión del oleaje, con presencia de terrazas marinas antiguas, acantilados bajos, plataformas de abrasión angostas y dunas costeras. Se distinguen por tener una pendiente moderada y extensos fondos arenosos. Los ambientes representativos de este tipo de costas son las playas arenosas amplias de pendiente suave (al pie de acantilados son angostas y alargadas), playas de guijarros y canto rodado angostas (que funcionan como playas de barrera), ensenadas pequeñas confinadas por salientes rocosas, dunas costeras y marismas. La costa de la parte central de la Bahía de La Paz se clasifica como una costa de barrera separada del continente por una laguna costera. La costa oriental de la bahía se puede considerar como una costa de erosión y deposición continental, marcadamente irregular debido al oleaje y ligeramente modificada a costa secundaria por procesos marinos de erosión y deposición. Se caracteriza por la presencia de ensenadas y caletas en cuyo interior se han desarrollado rasgos secundarios como

manglares, playas, dunas y pequeñas plataformas de erosión por oleaje al pie de los acantilados rocosos.

Fisiografía

La fisiografía que circunda a la Bahía de La Paz se puede clasificar en cuatro grandes zonas altitudinales: planicie costera (0-10 m), planicie aluvial (11-100m), tierras bajas (101-300 m) y tierras altas (301-1300m). El relieve de la parte occidental de la Bahía de La Paz es muy abrupto, las partes más altas están cercanas a la línea de costa con alturas superiores a los 350 m y disminuyen gradualmente hacia el sur. La Paz se caracteriza por el predominio de montañas medias y planicies aluviales. Desde el punto de vista de las estructuras del relieve, predomina el estilo tectónico de bloques. Al oriente y norte de la bahía, la secuencia volcánica presenta elevaciones promedio de 300 m. En las cercanías de la ciudad de La Paz, algunos cerros presentan una cima plana, debido a un flujo de lava riolítica (Riodacita La Providencia) muy resistente a la erosión; esta capa presenta una inclinación hacia el poniente.

El área de influencia del proyecto está dominada en la parte central por la barrera arenosa El Mogote, el abanico y planicie aluvial de La Paz y la planicie costera. En la parte oriental dominan las montañas bajas y las cañadas; al oeste la planicie aluvial del ejido Alfredo V. Bonfil y los lomeros disectados, al este del Centenario. En particular, las tierras bajas de La Paz están bordeadas por depósitos de piedemonte con una marcada diferenciación morfológica y funcional a lo largo de su línea de costa. El litoral norte está constituido por un sistema playa-duna que se extiende hasta las planicies de marea, playas arenosas angostas y dunas costeras; en la parte superior de la playa y hacia el interior de la base de las dunas, se puede observar un horizonte de arena carbonatada (al pie de playa) medianamente consolidado.

En el extremo noreste de la ensenada, la costa está formada por una planicie aluvial con depósitos de abanicos aluviales, los cuales han sido modelados por procesos hidromorfodinámicos a lo largo del tiempo.

En este segmento de costa se observa un escarpe de erosión de baja altura (entre 1 y 3 m), que enfrenta un proceso de erosión y se encuentra en retroceso. Sin embargo, Punta Comitán es una zona de acumulación de sedimento, en donde se observa el desarrollo de una pequeña flecha arenosa, aunque con una tasa de crecimiento baja debido al escaso aporte de material. Las playas planas de arena son los rasgos sobresalientes en esta zona, mientras que las playas son extremadamente angostas o inexistentes.

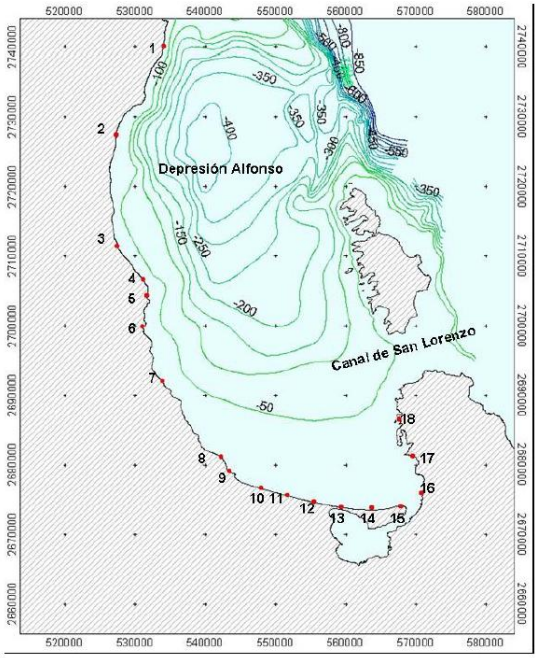
Batimetría

En la Bahía de La Paz se distinguen cinco rasgos importantes en la configuración batimétrica:

- Una cuenca ovalada al norte de la bahía, donde se localiza la Depresión Alfonso, con profundidades hasta de 400 m.
- Una plataforma interna angosta con un talud pronunciado que desciende abruptamente hacia la Depresión Alfonso.
- Una plataforma interna somera (profundidades menores a 50 m) de pendiente suave, en la parte sur de la bahía.

- Un umbral que se eleva unos 100 metros sobre el fondo de la Depresión Alfonso y unos 500 metros sobre el talud continental del Golfo de California, que se extiende entre la isla La Partida y la isla San Francisquito a profundidades entre 260 y 340 m.
- Un estrecho somero (~14 m) en la parte sur de la isla Espíritu Santo y la Península de Pichilingue, conocido como canal de San Lorenzo (Figura 4.52).

- **Figura 4.52. Batimetría de la Paz y ubicación de los perfiles batimétricos**



Perfiles batimétricos

En la Figura 4.53, Figura 4.54, Figura 4.55, se muestran los principales perfiles batimétricos presentes en la Bahía. En la mayoría de éstos se pueden distinguir diferentes rasgos batimétricos como: plataformas internas (perfil 1), terrazas erosionadas y falladas (perfiles 5 y 6), morfologías de barras y canales (perfiles 2, 8 y 10 al 15) asociadas a sustratos arenosos; morfologías de canales de mareas, plataformas y terrazas.

En general, los perfiles sobre la costa occidental tienen forma convexa, que de cierta manera sugiere la continuidad del relieve topográfico por debajo del nivel del mar; algunos de estos contornos suaves son resultado de la acumulación de sedimento encima del basamento rocoso (perfiles 1 a 3), mientras que otros muestran plataformas rocosas irregulares por la falta de acumulación de sedimento en estas áreas, debido a las condiciones de alta energía de oleaje y corrientes que están expuestas (perfiles 5 y 6).

Llama la atención el perfil batimétrico 7 ya que prácticamente no muestra ningún rasgo, aparentemente se trata de una plataforma rocosa inclinada que representa la continuación del perfil topográfico por debajo del nivel del mar.

Los perfiles frente a la costa central y oriental de la bahía tienden en general hacia una forma cóncava, con morfologías de barras y canales, típicas de costas arenosas. Algunos de estos perfiles denotan la naturaleza del depósito sedimentario, como el caso de los

perfiles batimétricos 8 y 9, que se ubican frente a un abanico aluvial de material conglomerático (cantos rodados, guijarros y arena).

En la zona frente a la barrera arenosa El Mogote los perfiles han desarrollado una morfología de barras y canales como resultado de la acción del oleaje y las mareas; en esta parte de la costa el sustrato está compuesto por arena (perfiles batimétricos 10 al 15).

La morfología que exhiben varía a lo largo de la costa, los canales son angostos hacia el oeste y más anchos hacia el este, al igual que las barras de arena (cordones paralelos a la playa).

El perfil batimétrico 16 cruza el canal de mareas y el bajo arenoso que se extiende desde el extremo oriental del Mogote hasta Punta Prieta. En esta zona los rasgos más sobresalientes son el canal de mareas, con una profundidad aproximada de 8 m y un ancho de 500 m, y el bajo o barra de arena, tiene un espesor de aproximadamente 7 m en la parte interior y 16 m por el lado de la bahía, con una pendiente de alrededor de 1.5 cm. 1 cm de bajo se encuentra a un metro de profundidad y tiene una inclinación hacia la bahía.

Los perfiles 17 y 18 tienen forma convexa y su estructura parece estar relacionada con el basamento volcánico que domina esta parte de la costa. Los perfiles se observan un tanto suavizados por la sedimentación y la acción de las corrientes de marea, que le imprimen ciertas características de canal.

Perfil de playa

Como se puede observar en los perfiles batimétricos 8 y 10 al 15, las playas arenosas de la Bahía de La Paz son principalmente de tipo disipativo, con morfologías rítmicas que cambian dependiendo de la energía del oleaje incidente. En general, los perfiles de playa muestran la presencia de dunas litorales, una berma angosta, una cara de playa y una extensa planicie de marea.

Figura 4.53. Perfiles batimétricos representativos de la costa accidental de la Bahía de La Paz

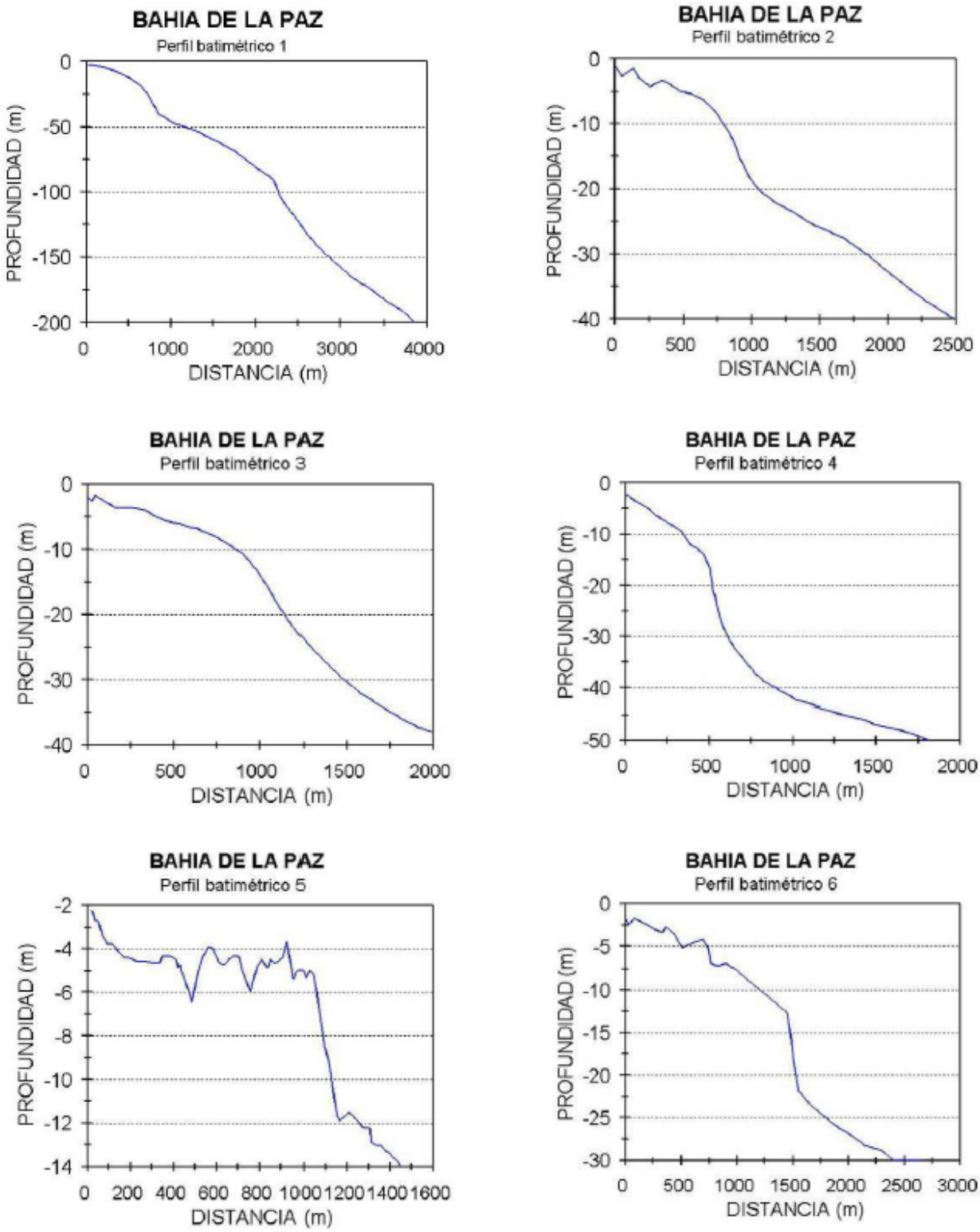


Figura 4.54. Perfiles batimétricos representativos de la costa accidental y central de la Bahía de La Paz

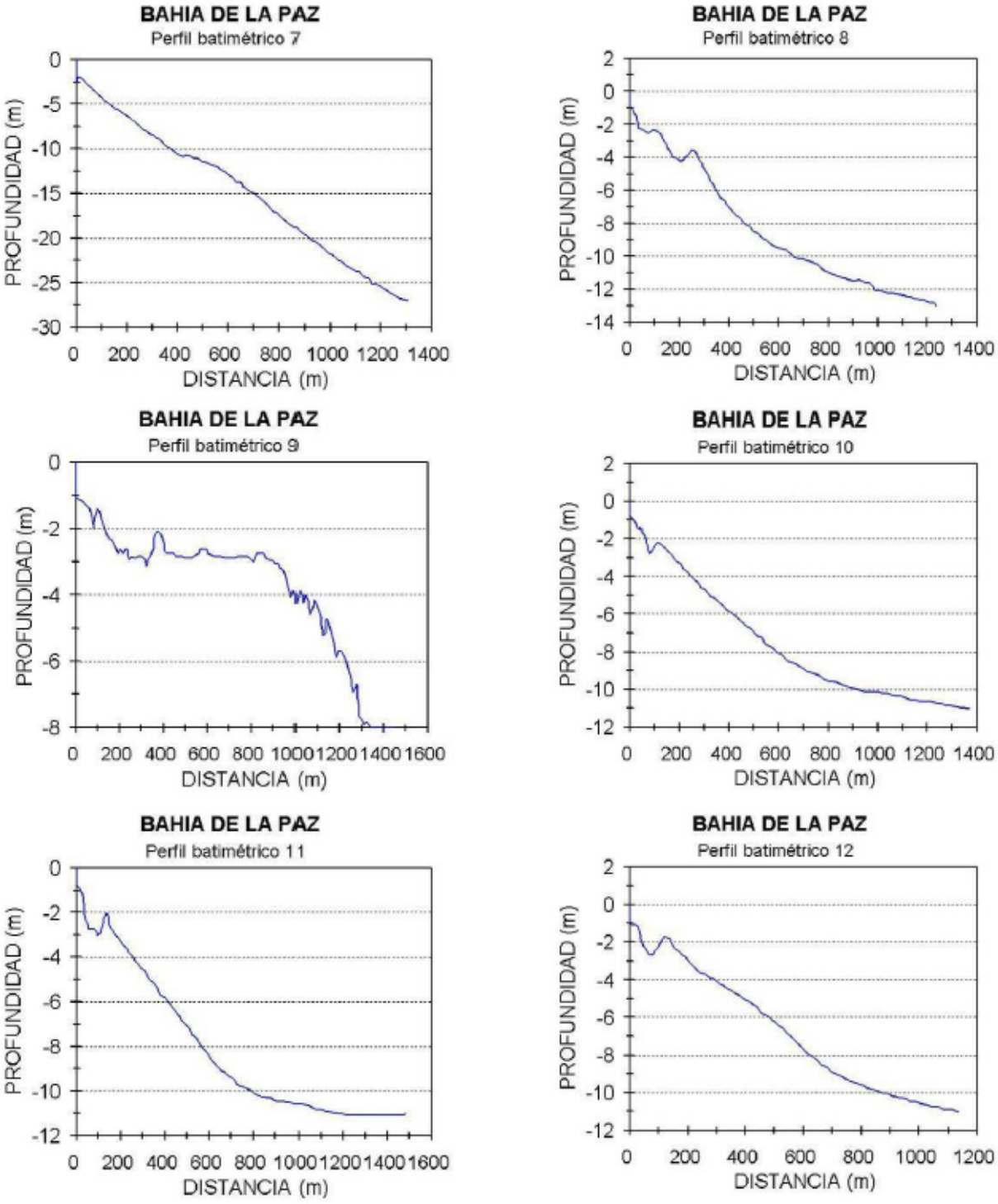
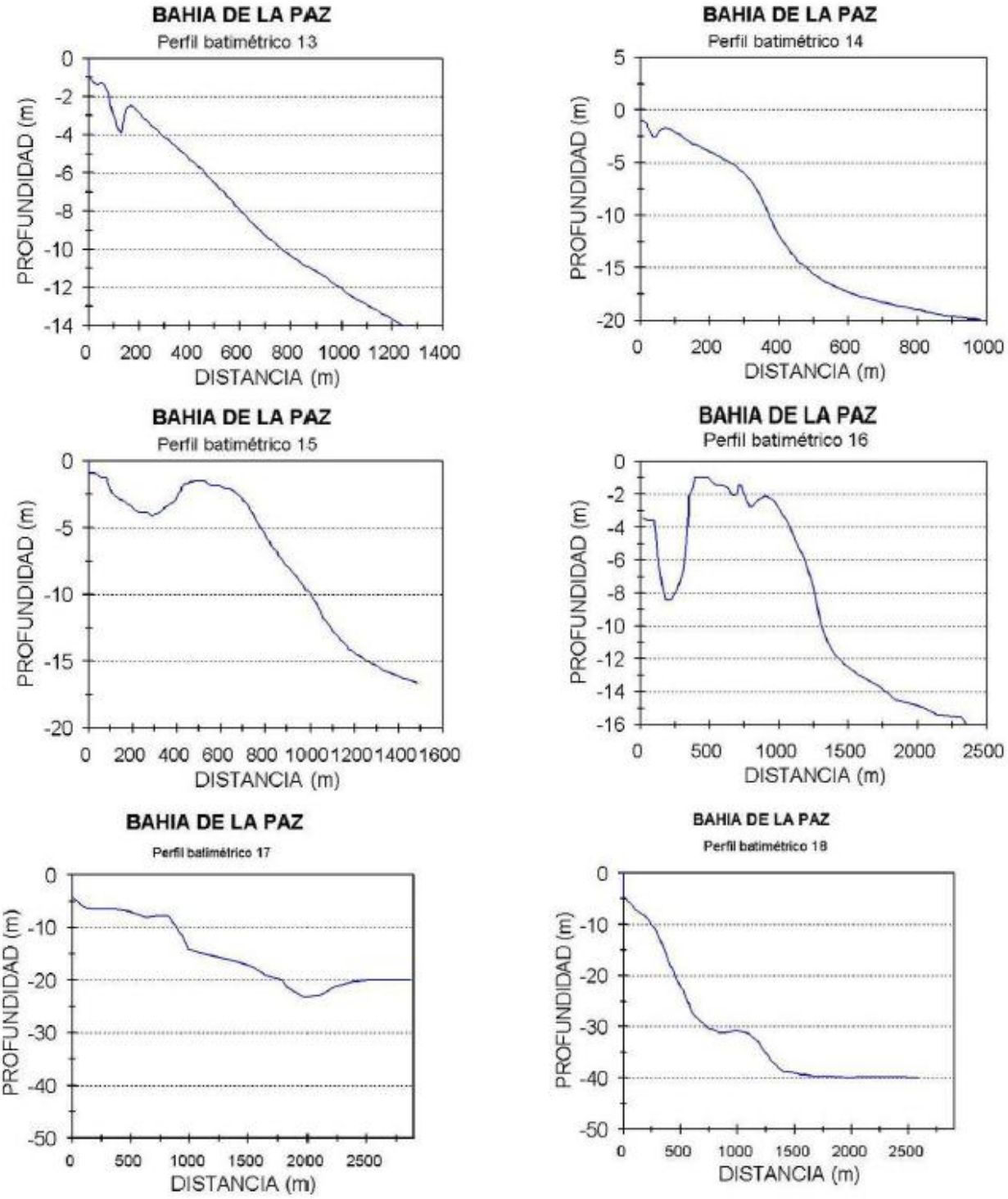


Figura 4.55. Perfiles batimétricos representativos de la costa central y oriental de la Bahía de La Paz

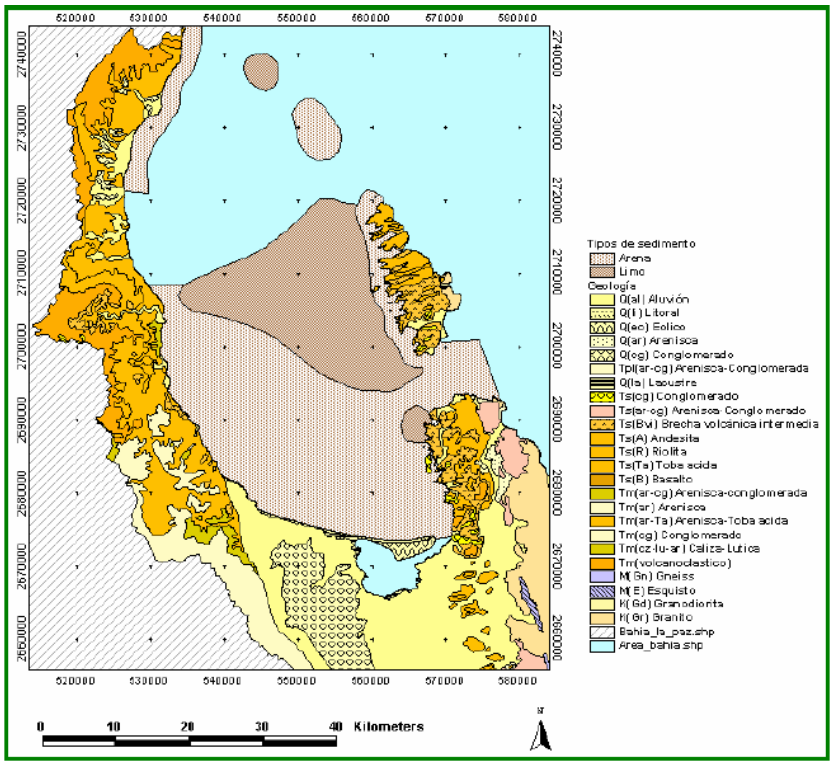


Características del sustrato

En la Bahía de La Paz se pueden encontrar varios tipos de sustrato, desde los rocosos hasta los lodosos; la mayor diversidad de sustratos se encuentra en la zona costera. En general, predominan los sustratos arenosos y limo-arenosos; los primeros se distribuyen en la zona somera y los segundos en la zona profunda. En estos sustratos es común encontrar restos de material biogénico (fragmentos de conchas y testas de foraminíferos). El sustrato de la costa occidental es predominantemente de composición terrígena, mientras que el de la costa oriental contiene un alto porcentaje de material biogénico, e incluso, en algunas caletas o ensenadas, este puede ser completamente calcáreo.

El sustrato arenoso ocupa la parte sur de la bahía, sus márgenes, el Canal de San Lorenzo y una parte somera entre Punta Cabeza de Mechudo y el sur de Punta Coyote; el sustrato limoso se distribuye hacia la parte más profunda (Cruz-Orozco, et al, 1996) (Figura 4.56).

Figura 4.56. Distribución textual de los sedimentos de la Bahía de La Paz (modificado de Cruz-Orozco *et al.*, 1996)



A lo largo de la costa occidental se puede encontrar desde fondos rocosos con cabezas de coral, barricadas de bloques redondeados y angulosos, arenas gruesas, guijarros y grava rodada. En la parte sur es principalmente arenoso, con algunos afloramientos rocosos cerca de la línea de costa; a profundidades mayores a los 18 metros, el sustrato es areno-limoso.

La costa oriental se caracteriza por la presencia de una serie de embahiamientos o caletas, cuyo sustrato arenoso es de composición predominantemente calcárea; en la cabecera de estas caletas se han desarrollado ecosistemas de manglar y marismas con fondos lodosos. En algunos sitios, como en el Canal de San Lorenzo, el sustrato está formado completamente por rodolitos que tienen la apariencia de un fondo de escombros. Por lo demás, los tipos de sustrato son similares a los que se encuentran en la costa occidental, es decir, se pueden encontrar rocosos, barricadas de bloques redondeados con cabezas de coral, canto rodado, guijarros, arenas gruesa y lodo.

Circulación costera y patrones de corrientes

Una de las funciones forzantes que determinan la circulación en la Bahía de La Paz es la marea. Durante el flujo, el máximo de transporte ocurre en la Boca Grande, desde el norte de la Isla Partida hasta Punta Mechudo, con una dirección de N a S disminuyendo conforme se adentra en la bahía; en el Canal de San Lorenzo el transporte es en dirección E-W con un giro siguiendo la configuración de la línea de costa de la Península de Pichilingue.

Durante el reflujo, el transporte en la Boca Grande no es tan intenso y se producen giros en la parte norte de la Isla Partida; en el Canal San Lorenzo las corrientes son más intensas con una dirección W-E, es decir hacia fuera de la bahía.

La segunda función forzante es el viento, el cual produce corrientes más intensas que la marea en las partes poco profundas y en los canales, que llegan a dominar el patrón de circulación. La simulación del patrón de circulación producido por el viento tiene características de una circulación anticiclónica en contra costera, en el centro-sur de la bahía, que gira en sentido ciclónico, terminando en una corriente que impulsa agua hacia fuera de la bahía a través del canal de San Lorenzo, lo que resulta en uno de los mecanismos de renovación neta de las aguas superficiales de la bahía.

Con vientos del NW las máximas velocidades de corriente (0.2 a 0.5 ms-1) se presentan a lo largo de la costa occidental de la bahía en una franja de aproximadamente 8 km de ancho, desde la Cabeza de Mechudo hasta El Mogote (Figura 4.47). Contrastando un flujo relativamente lento en la parte central y la Boca Grande de la bahía (Obeso-Niebla et al., 2002).

Según Obeso-Nieblas (op. cit.), en la Bahía el flujo costero gira en sentido contrario a las manecillas del reloj a la altura de El Mogote, estableciéndose una condición de reflujo permanente por el Canal San Lorenzo y por la parte sur de la Boca Grande, en una banda de 6 km de ancho. Esto produce dos zonas de divergencia, señala el autor, una en la costa oeste de la Isla Espíritu Santo y la otra en el canal de San Lorenzo.

Los patrones de circulación con vientos del noroeste de 4, 5 y 10 ms-1 son semejantes en cuanto a la magnitud y su temporalidad, mostrando diferencias únicamente en la magnitud de la amplitud de la velocidad, principalmente en las zonas someras y en los canales, la cual responde en gran proporción a la intensidad del viento.

Para las condiciones de vientos del sur las velocidades de corriente máximas (0.2-0.6 ms-1) se presentan a lo largo de la costa de la bahía. Estos vientos generan una corriente superficial en una banda de aproximadamente 8 km de ancho, que inicia a la altura de El Quelele y viaja hacia la Cabeza de Mechudo. En la parte central y profunda, así como en la Boca Grande de la bahía, el flujo es relativamente lento (Figura 4.57).

Figura 4.57. Patrón de corrientes costeras por marea y viento del noroeste

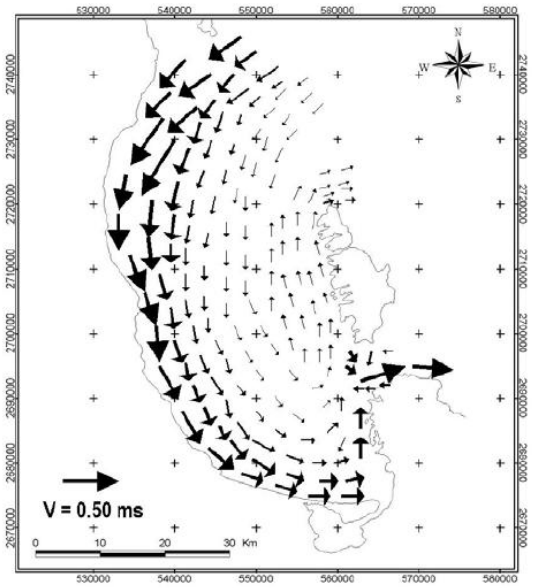
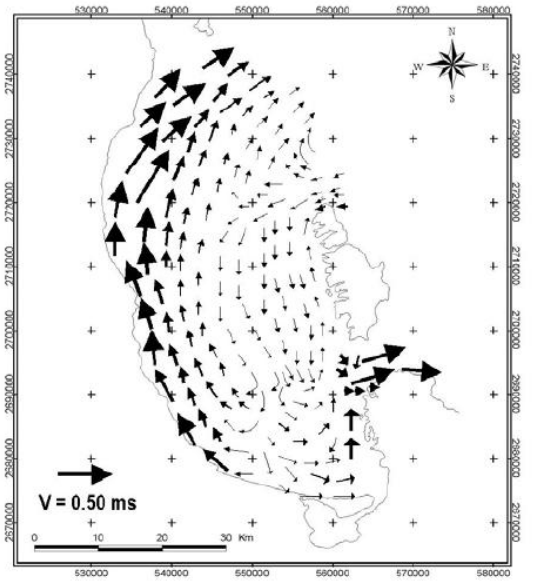


Figura 4.58. Patrón de corrientes costeras por marea y viento del sur

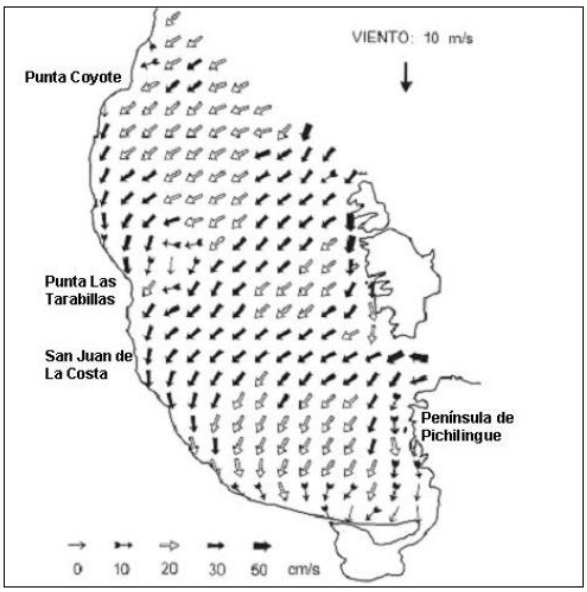


El patrón de corrientes simuladas para vientos del sur de 4, 5 y 10 ms-1 es prácticamente similar en dirección, pero con diferencias significativas en magnitud. Las velocidades máximas calculadas para vientos de 10 ms-1 en la bahía, son resultado del esfuerzo máximo del viento sobre la superficie del mar, la batimetría de la zona y la configuración de la costa.

Según el patrón de circulación simulado, con vientos del noroeste el transporte superficial es hacia el interior de la bahía. Este patrón se invierte con vientos del sur con un transporte a lo largo de la costa hacia el Golfo de California. Según Salinas-González (2000), con vientos del norte de 10 ms-1 se observa en la capa superficial un chorro intenso de agua entrando al noroeste de la Isla Partida y otro menos intenso que cruza la bahía y llega hasta la costa occidental a la altura de San Juan de La Costa, donde se une con el flujo que entra por el Canal de San Lorenzo, para dirigirse hacia el sur.

Así mismo, se genera un campo intenso de corrientes a lo largo de la costa occidental entre Punta Coyote y Punta Las Tarabillas (Figura 4.49).

Figura 4.59. Campos horizontales de corrientes superficiales



La Bahía de La Paz es una cuenca costera somera del Golfo de California que intercambia aguas de la capa de mezcla con el Golfo de California, predominantemente a través de la Boca Grande ubicada en la parte noreste de la bahía. El Agua Superficial Ecuatorial (ASE) fluye del golfo a la bahía.

De acuerdo con Torres-Orozco (1993), en su clasificación de masas de agua del Golfo de California, los diagramas T-S de la Bahía de La Paz muestran únicamente tres masas de agua: Agua del Golfo de California (AGC; S ≥35.00 ups , T ≥12 ºC), Agua Superficial Ecuatorial (ASE; S < 35.00 ups, T ≥ 18 ºC) y Agua Subsuperficial Subtropical (ASS; 34.50 ups < S < 35.00 ups; 9 < T < 18 ºC).

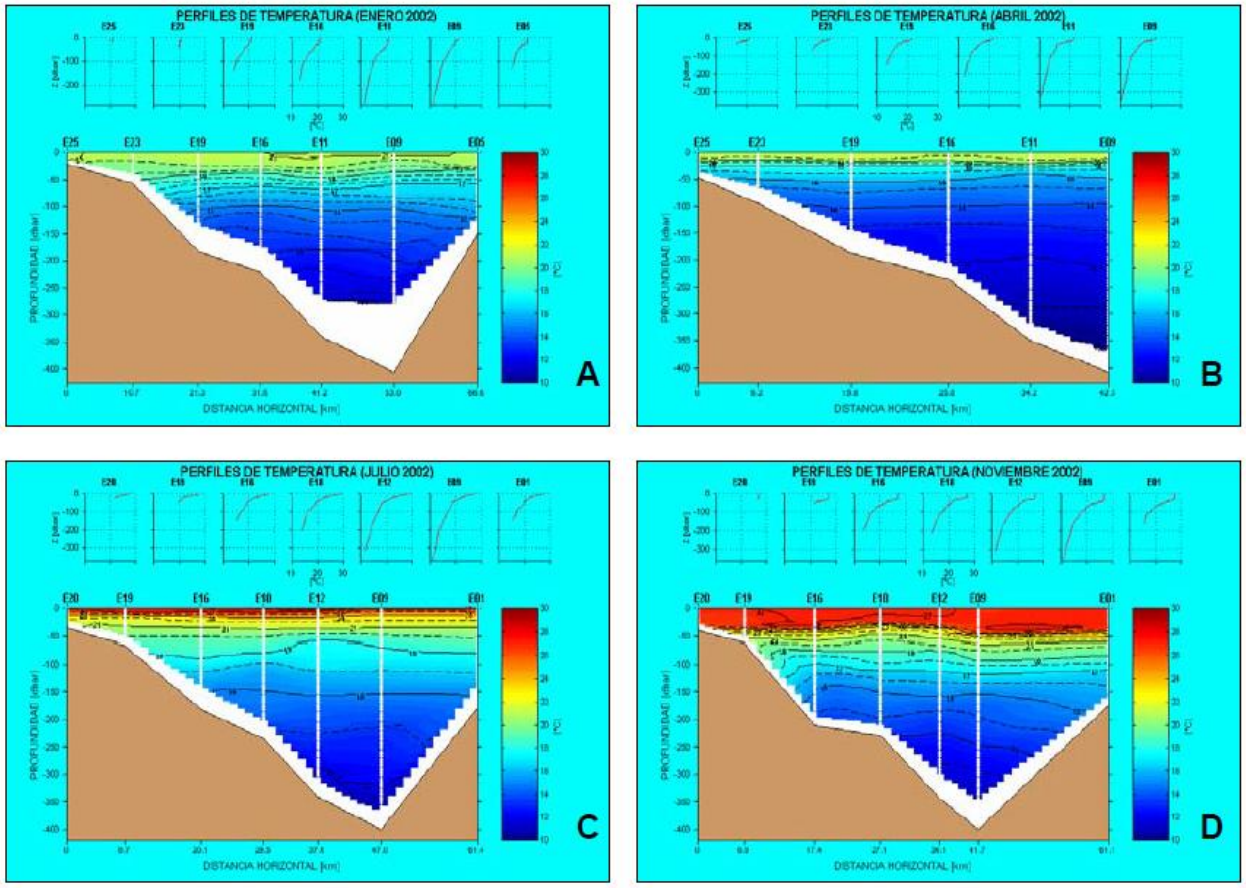
Salinas González (2000) discute que la estructura termohalina profunda de la Bahía de La Paz posiblemente se forma bajo un equilibrio anual entre los procesos atmosféricos y la interacción del agua con la región adyacente del Golfo de California.

Temperatura Vertical

A. Invierno

La estructura vertical de la temperatura en invierno es muy homogénea, con valores de 20 ºC en la superficie y 14 ºC a una profundidad de 130 metros. Se observa una capa de mezcla con un espesor aproximado de 60 metros hacia el oeste de la bahía, mientras que la termoclina se encuentra a una profundidad de 70 metros. En la parte oriental, la termoclina se localiza a 40 metros de profundidad, con temperaturas entre 17 y 19 ºC (Figura 4.60-A).

Figura 4.60. Distribución vertical de la salinidad en la Bahía de La Paz: A) invierno; B) Primavera; C) Verano y D) Otoño



B. Primavera

Durante la primavera, en la parte oriental de la bahía la capa de mezcla no está muy bien definida. Sin embargo, hacia la parte occidental la capa de mezcla es más notoria, encontrándose entre los 0 y los 20 m de profundidad, con una temperatura de 28 ºC en la superficie y 20 ºC a los 50 m, punto en el que se encuentra la termoclina (Figura 4.60-B).

C. Verano

En esta época se observa en la parte oriental de la bahía una delgada capa de mezcla entre 0 y 15 m de profundidad, con una temperatura de 27 ºC en la superficie y 21 ºC a los 35 m,

donde se encuentra la termoclina. En la parte occidental, la capa de mezcla es de mayor espesor alcanzando hasta los 35 m, con una temperatura que va de los 27 ºC en la superficie a los 20 ºC a los 55 m de profundidad, donde se localiza la termoclina (Figura 4.50C). A finales del verano se observa claramente una estratificación termal con poca variabilidad espacial, presentándose una capa homogénea en superficie cuyo espesor depende de las condiciones meteorológicas, pero puede alcanzar hasta los 40 m; por debajo de esta capa se observa un gradiente de temperatura.

D. Otoño

A principios del otoño la capa de mezcla empieza a reducirse (0 a 30 m), con una temperatura superficial de 29 ºC y 25 ºC a los 30 m de profundidad, donde se encuentra la termoclina. En el transcurso de la estación se desarrolla una capa de mezcla más profunda y más fría que alcanza las capas inferiores. El gradiente de temperatura se hunde hasta desaparecer por lo que en el invierno la columna de agua es homogénea, debido a los vientos del norte que erosionan la termoclina y producen una fuerte mezcla, por lo que, a finales del otoño y principios del invierno, la capa de agua superficial se encuentra bien mezclada. Asimismo, durante este periodo la masa de agua experimenta un proceso de enfriamiento cuyo máximo se presenta a finales de enero; permaneciendo más o menos constante hasta principios de la primavera (Figura 4.60-D).

Temperatura superficial

A. Invierno

La distribución espacial de temperatura exhibe un gradiente suave que se extiende de oeste a este y cubre la mayor parte de la bahía. Al noreste (Figura 4.61-A), se observan dos núcleos de agua más fría. Se registra, en la parte occidental valores de 21.5 ºC, mientras que, en las partes noreste y este, los valores son de 20 ºC y 20.5 ºC, respectivamente. Hacia la parte sur se encuentran entre los 20.9 y los 21.1º C. En la zona somera de la bahía (profundidad < a 50 m) existe poca variabilidad en la temperatura y se observa una masa acuática completamente homogénea con una temperatura superficial de 20 ºC.

B. Primavera

La distribución horizontal de la temperatura superficial muestra un fuerte gradiente que se extiende del noroeste al sureste, entre Cabeza de Mechudo y la Isla Espíritu Santo (Figura 4.61-B). Al oeste, se ubica un núcleo de aguas más frías que se extiende al sureste por la parte central de la bahía. Las mayores temperaturas se encuentran en la parte noroeste (21.8 ºC), frente a Cabeza de Mechudo y las menores (20 ºC) en la zona frente a Punta Las Tarabillas. En la zona somera la distribución de temperatura es también muy homogénea con valores de 28 ºC.

C. Verano

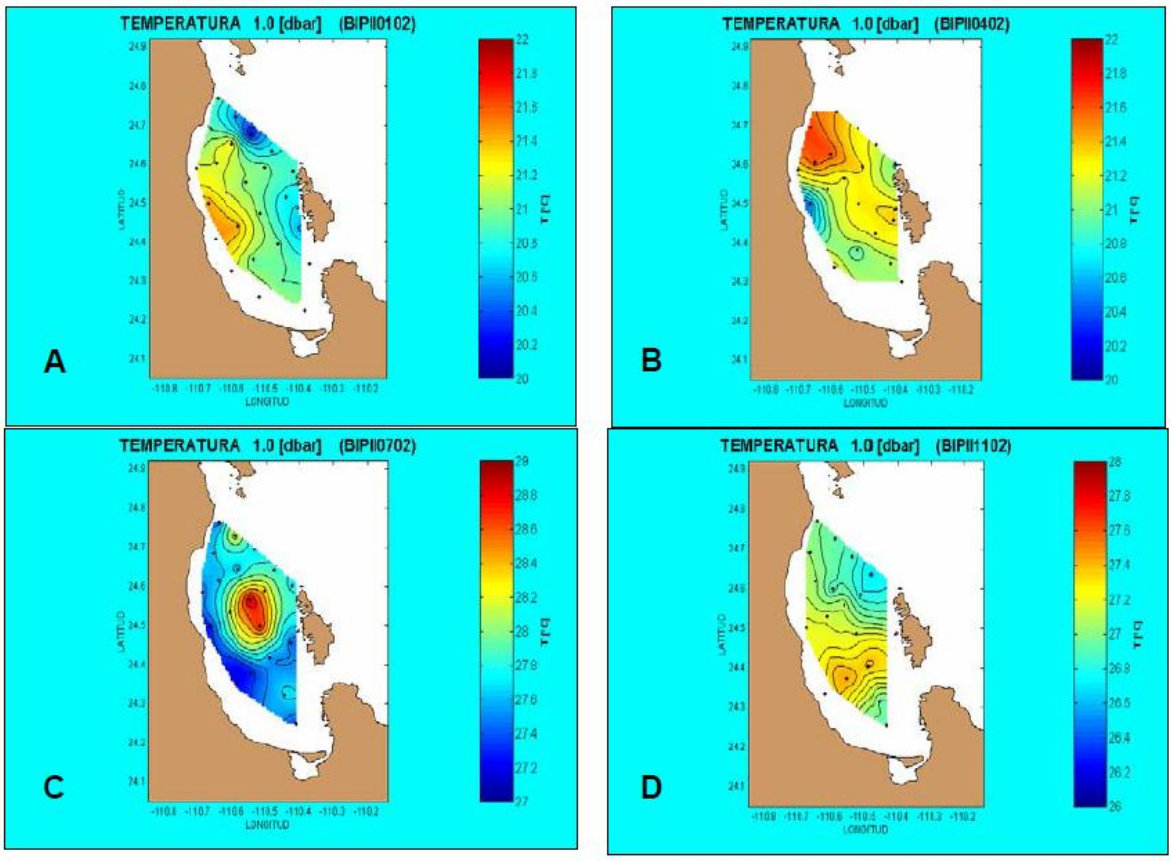
La presencia de un núcleo de agua cálida, localizado casi al centro de la bahía, es la característica más sobresaliente de esta estación. A partir de este núcleo, la temperatura disminuye en todas direcciones, encontrándose las más bajas en la parte sur de la bahía. La parte central del núcleo alcanza temperaturas de 29 ºC y descienden a 27 ºC hacia el suroeste, mientras que hacia el noreste se encuentran entre 27 y 28 ºC (Figura 4.61-C). En

la zona poco profunda de la bahía la capa de mezcla ocupa toda la columna de agua; la temperatura superficial es de 27 ºC.

D. Otoño

La distribución de la temperatura superficial muestra la presencia de un gradiente suave de sur a norte a lo largo de la parte central de la bahía. Las temperaturas más bajas se encuentran en la Boca Grande y en la parte SE de la bahía. Las temperaturas más altas (27.5 ºC) se presentan en la parte central y las más bajas (26.7 ºC) al NW de La Lobera (Figura 4.61-D). La parte sur (somera) de la bahía es ocupada por la capa de mezcla con una temperatura de alrededor de 30 ºC

Figura 4.61. Distribución superficial de la salinidad en la Bahía de La Paz: A) invierno; B) Primavera; C) Verano y D) Otoño



Salinidad

Invierno

La distribución vertical de salinidad muestra que existe una fuerte estratificación y la capa de mezcla tiene un espesor entre 40 y 50 m, profundidad a la que se encuentra la haloclina. Las mayores salinidades se encuentran en la superficie (35.50 ups) y disminuyen hasta 35.20, a los 50 m de profundidad; el gradiente de salinidad es más fuerte en la parte central y sur de la bahía. Por debajo de la haloclina la salinidad disminuye gradualmente hasta alcanzar las 34.70 ups a los 250 m de profundidad (Figura 4.62-A).

Primavera

También se observa una estratificación en la salinidad, pero la distribución es más uniforme que en el invierno; la capa de mezcla es de menor espesor (~35 m) con valores en la superficie de 35.40 ups y 35.20 en la base de la haloclina, que se encuentra a los 35 m de profundidad (Figura 4.62-B). A partir de los 35 m la salinidad disminuye gradualmente hasta alcanzar las 34.80 ups a los 250 m de profundidad

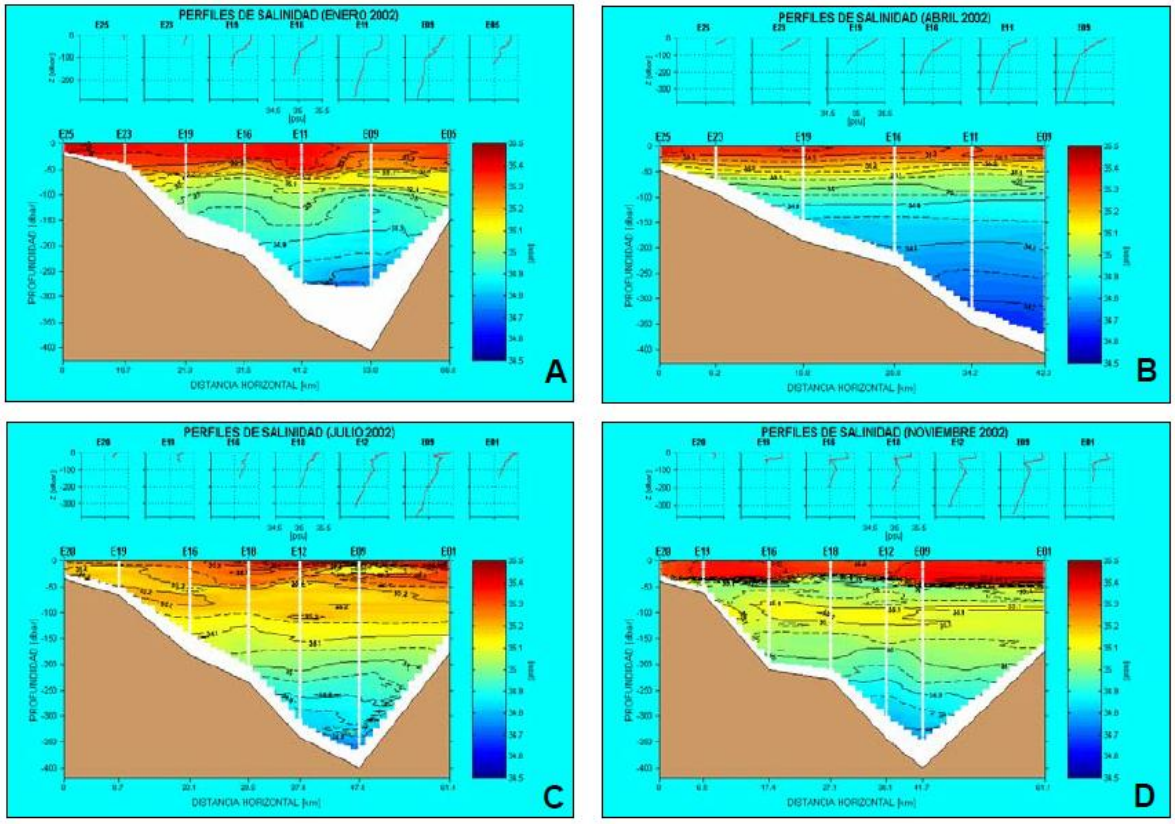
Verano

Durante esta estación la distribución vertical de salinidad, no muestra una estratificación clara. La presencia de lentes de agua de menor salinidad rodeados de aguas de mayor salinidad indica que la columna de agua es inestable debido a que se encuentra en desarrollo la formación de la capa de mezcla. La salinidad en la superficie varía entre 35.20 y 35.50 ups y disminuye gradualmente con la profundidad hasta alcanzar 34.8 ups a los 350 m. En la parte central y norte de la bahía, donde se observa una estratificación más fuerte, la haloclina se encuentra entre los 35 y los 40 de profundidad (Figura 4.62-C).

Otoño

La distribución vertical de salinidad exhibe una fuerte estratificación con una capa de mezcla de espesor variable. En la parte norte alcanza casi los 50 m, mientras que en las partes sur y central los espesores son de 40 y 30 m, respectivamente. Inmediatamente por debajo de esta capa de mezcla se ubica la haloclina. La salinidad es uniforme en toda la capa de mezcla con 35.5 ups y disminuye gradualmente con la profundidad hasta 34.80 ups a los 350 m (Figura 4.62-D).

Figura 4.62. Distribución vertical de la salinidad en la Bahía de La Paz: A) invierno; B) Primavera; C) Verano y D) Otoño



Distribución espacial de salinidad

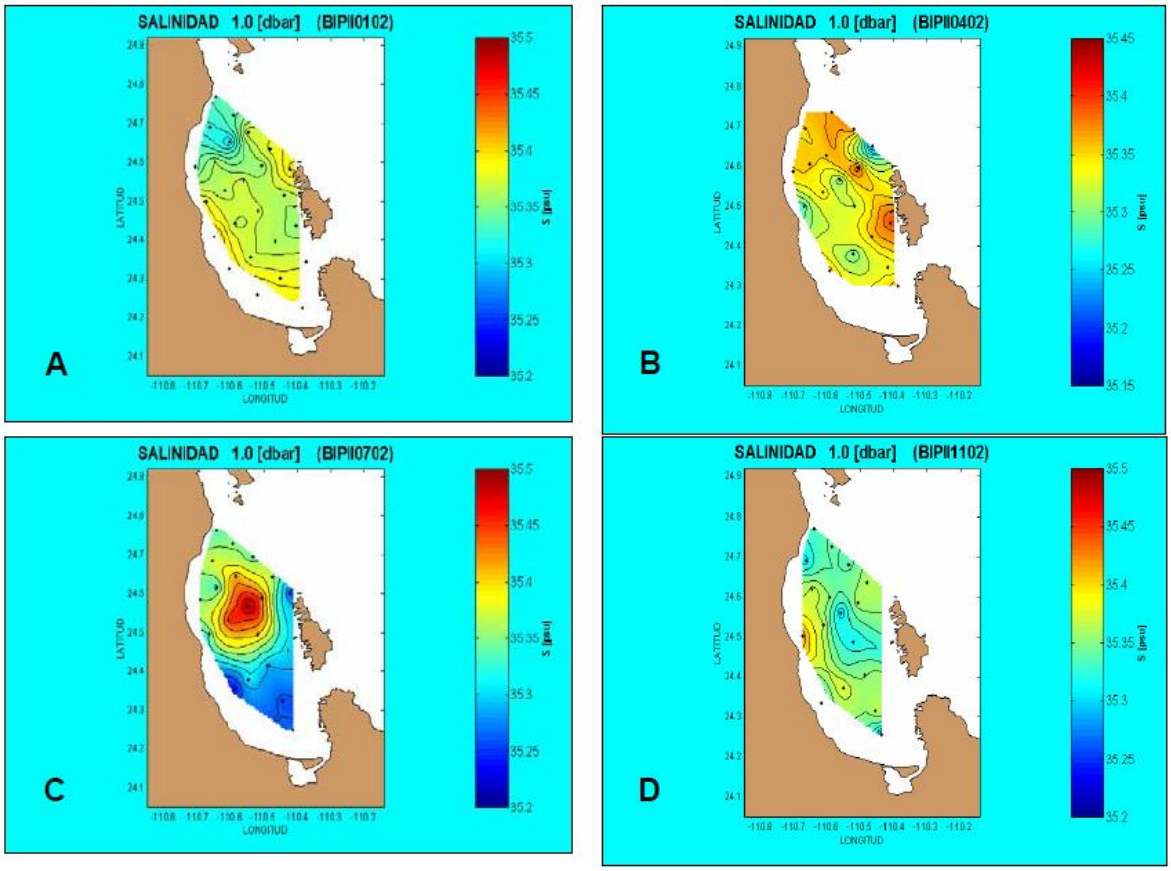
Invierno

Durante el invierno (Figura 4.63-A), la distribución superficial muestra dos gradientes suaves que convergen hacia la parte central de la bahía. Las mayores salinidades se encuentran en la parte suroeste de la bahía y en la Boca Grande, mientras que las menores se encuentran frente a Punta Coyote (35.30 ups) y en la parte central de la bahía. Los valores fluctúan entre 35.31 y 35.39 ups.

Primavera

En la primavera la distribución superficial de salinidad es completamente diferente a la del invierno. En esta época se observan núcleos dispersos de aguas de salinidad baja y de salinidad alta (Figura 4.63-B). Las mayores salinidades se observan a lo largo de una franja que se extiende en dirección sureste noroeste, el núcleo de mayor salinidad se ubica frente a la isla Espíritu Santo En la parte central y suroeste de la bahía se observan tres núcleos de agua de menor salinidad.

Figura 4.63. Distribución superficial de la salinidad en la Bahía de La Paz: A) invierno; B) Primavera; C) Verano y D) Otoño



Verano

En el verano (Figura 4.63-C), la distribución superficial de salinidad presenta un núcleo de agua de mayor salinidad localizado en la parte central de la bahía. A partir de este núcleo se observa que el gradiente es suave hacia el noroeste y más fuerte hacia el sureste, donde se encuentran las aguas de menor salinidad. Los valores varían de 35.50 ups en el centro del núcleo a 35.25 ups en la parte sureste de la bahía.

Otoño

En el otoño (Figura 4.63-D), la distribución superficial muestra dos núcleos de agua de menor salinidad, uno ubicado en la parte central y otro frente a Punta Cabeza de Mechudo. Así mismo, se observa un núcleo de agua de salinidad ligeramente mayor localizado frente a Punta Las Tarabillas. Las mayores salinidades se encuentran hacia la parte occidental de la bahía y las menores en la parte central, noroeste y sur; los valores oscilan entre 35.30 y 35.40 ups.

Oxígeno disuelto

Durante la primavera la distribución vertical de oxígeno disuelto muestra valores altos hasta una profundidad aproximada de 20 m. La distribución y profundidad de la isolínea de los 5 ml/litro concuerda aproximadamente con la distribución y profundidad de la isoterma de los 20 ºC. La distribución de oxígeno se presenta más o menos estratificada, disminuyendo los valores conforme aumenta la profundidad. La distribución de las isolíneas de los 3.0 y 4.0 ml/litro, corresponde más o menos con la distribución y profundidad de la termoclina. El mínimo valor de oxígeno disuelto (2.0 ml/litro) se encontró en la parte central de la bahía a una profundidad de 50m (Villaseñor-Casales, 1976).

La distribución vertical de oxígeno muestra valores altos de 5.0 ml/litro en la capa de mezcla (0-20 m). La profundidad y distribución de la isolínea de los 5.0 ml/litro es consistente con la capa de mezcla. Los altos valores encontrados se debieron a oxigenación de las capas superficiales. Esta fue producida por la turbulencia provocada por los fuertes viento que se presentan en esta época del año.

Nutrientes

En la Bahía de La Paz las concentraciones superficiales promedio de nitratos (NO3), nitritos (NO2), fosfatos (PO4) y silicatos (SiO2) muestran una marcada estacionalidad. El máximo se observa a finales del invierno para los tres primeros (3.61, 0.19 y 0.92 µg-at/l) y disminuyen sensiblemente hacia finales de la primavera y principios del verano, en donde se obtienen valores de 0.02 µg-at/l para NO2, de 0.25 µg-at/l para NO3 y de 0.38 µg-at/l para PO4 a finales del verano.

En lo que respecta a silicato, este presenta un máximo en la primavera (30.33 µg-at/l) y un mínimo en el verano (1.89 µg-at/l) (Reyes-Salinas (1999).

Durante la primavera-verano se observa que la estructura térmica tiene efecto sobre la distribución vertical de los nutrientes, los cuales son mejor diferenciados en las capa superficial, < 30 m y subsuperficial > 30 m. En esta época se observa que la máxima concentración se encuentra a profundidades mayores a 30 m, profundidad a la que presumiblemente se localiza la nutriclina. En general los nitratos (NO3) presentan una mayor variabilidad espacial mientras que los nitritos (NO2), fosfatos (PO4) y silicatos (SiO2) tienen un comportamiento más uniforme. A finales del invierno, la distribución espacial de nitratos muestra que las concentraciones son mayores en la zona somera e intermedia de la bahía con concentraciones por arriba de 3.00 µg-at/l, mientras que en la zona profunda oscilan entre 1.00 y 3.00 µg-at/l.

La concentración de nitritos (NO2) superficiales varían generalmente en un intervalo entre ND y

0.30 µg-at/l. Observándose a finales del invierno las máximas concentraciones. Así mismo, la distribución espacial nos muestra que la zona profunda e intermedia de la bahía presenta las máximas concentraciones las cuales varían entre 0.10 y 0.30 µg-at/l y las mínimas (ND a 0.10 µg- at/l) se localizan en la parte somera de la bahía. La distribución espacial de fosfatos es muy uniforme a lo largo del año, con concentraciones que oscilan entre 0.50 y 1.50 µg-at/l. Es posible observar que la zona intermedia presenta valores mayores a 1.50 µg-at/l. Así mismo, en la zona somera se registran valores dentro del intervalo ND a 0.50 µg-at/l.

La concentración de silicatos (SiO2) presenta una diferencia espacial más notoria. En la mayor parte de la zona profunda se tienen concentraciones de 5.00 a 10.00 µg-at/l. La zona intermedia es la que presenta una mayor variabilidad, observándose un gradiente frente a la isla Espíritu Santo con concentraciones que van desde ND hasta 10.00 µg-at/l encontrándose los valores más bajos en el centro y en la periferia los valores mayores a 10.00 µg-at/l. En la zona somera los valores fluctúan entre ND y 5.00 µg-at/l cerca de la costa y se registra un incremento hacia la zona intermedia.

Clorofila

La concentración de clorofila a (Cla) presenta un patrón estacional claro con concentraciones máximas a finales del invierno (hasta > 1.00 mg m-3). Durante la primavera y el verano se observa un decremento hasta alcanzar las concentraciones mínimas en el otoño (0.06 mg m-3).

Durante el invierno la distribución superficial de la concentración de clorofila a muestra un gradiente de sureste a noroeste con concentraciones desde indetectadas hasta > 1.00 mg m-3. En la zona profunda se encuentran concentraciones que oscilan entre 0.50 y 1.00 mg m-3; las mayores concentraciones en la zona intermedia se presentan frente a las islas y las menores hacia la línea de costa. En la zona somera las menores concentraciones (ND a 0.50 mg m-3) se registran frente a la Ensenada de La Paz.

En la primavera las concentraciones de clorofila a varían entre 0.5 y 1.5 mg m-3. La región intermedia de la bahía presenta concentraciones entre 0.6 y 1.00 mg m-3 con un núcleo frente a las islas que presenta concentraciones hasta de 1.50 mg m-3. A lo largo de la costa occidental y frente a la península de Pichilingue (en la zona de influencia del intercambio con la Ensenada de La Paz), las concentraciones se encuentran entre 0.60 y 1.00 mg m-3.

Para el verano se observa que la bahía presenta una homogenización total en la concentración superficial de Cla la cual se encuentra en concentraciones desde indetectable hasta 0.5 mg m-3. Concentraciones altas hasta de 1.90 mg m-3 se presentan frente a la Ensenada de La Paz y en la zona profunda del lado de las islas. Durante el otoño la homogeneidad es aún mayor que durante el verano con concentraciones de Cla menores de 0.5 mg m-3.

La Bahía de La Paz muestra un patrón estacional de clorofila total, fraccionada e integrada y el dominio del nanofitoplancton no se restringe a un período en particular (Signoret y Santoyo, 1980; Lavaniegos y López-Cortéz 1997). La bahía presenta concentraciones de clorofila integrada de 0 a 25 m propias de condiciones oligotróficas (< 10 mg Cla m-2) durante el verano y condiciones mesotróficas (90 Cla m-2) el resto del año.

Productividad primaria

La productividad primaria promedio muestra una tendencia estacional con valores máximos a finales del invierno (16.02 mg C m-3 h-1) para después descender hasta llegar a un mínimo a finales del verano (2.17 mg C m-3 h-1). En el otoño se incrementa de nuevo (5.39 mg C m-3 h-1). Durante la primavera, los perfiles verticales de productividad muestran valores máximos que oscilan entre 10 y 20 mg C m-3 h-1 a una profundidad entre 8 y 16 m, los valores más altos y menos profundos se presentan en la parte oriental de la bahía. A finales del verano la productividad primaria disminuye considerablemente con valores máximos entre 2 y 3 mg C m-3 h- 1 a una profundidad de 25 a 35 m. El comportamiento es

muy uniforme en toda la bahía, por lo que la variabilidad espacial es poca. En el otoño, la productividad primaria comienza a incrementarse nuevamente, encontrándose valores máximos de 7 mg C m-3 h-1 a una profundidad de 43 m.

Los valores mensuales de la productividad primaria superficial y la productividad primaria integrada no presentan diferencias significativas, lo cual confirma que la bahía sostiene una alta productividad comparada con el Golfo de California o el Océano Pacífico. Bajo este contexto la Bahía de La Paz puede ser considerada como una zona con elevada productividad fitoplanctónica con un marcado ciclo estacional de latitudes templadas.

Contaminación

Entre 2003 y 2006 la SEMARNAT implementó en 11 estaciones en la Bahía de La Paz y la Ensenada de La Paz (Figura 4.64), el Programa Playas Limpias, cuyos resultados permiten visualizar el estado de la calidad bacteriológica del agua en estos ambientes marinos durante el periodo referido.

Figura 4.64. Estaciones de muestreo en la Bahía de La Paz. (Fuente: SEMARNAT)



Tomando como indicador las bacterias denominadas enterococos y que conforme el Programa Nacional de Playas Limpias el nivel de Riesgo Sanitario se presenta cuando los registros son mayores de 500 organismos, del año 2003 al 2006 (Tabla 4.15 - Tabla 4.18) los resultados de calidad bacteriológica indican que en general no sobrepasan los criterios de calidad para uso recreativo de contacto primario. Sin embargo, en dos ocasiones a lo largo del periodo de muestreos aleatorios se pudo confirmar que al menos de manera ocasional y puntual hay muestras de contaminación, riesgo sanitario e incumplimiento de la normatividad aplicable.

Tabla 4.15. Calidad bacteriológica del agua de mar en la Bahía de La Paz Durante el 2003.

PLAYA	ENTEROCOCOS (NMP/100 ml)							
	MAR	ABR	JUN	AGO	SEP	OCT		NOV
	04	23	03	06	09	01	15	11
Malecón I y Márquez de León *1*	10	203	<10	10	63	63	41	20
Malecón II *2*	10	41	<10	183	218	52	>24,192	171
Malecón III *3*	10	20	<10	143	63	20	30	10
Malecón VI *4*	10	<10	10	31	10	145	10	10
El Coromuel	10	10	10	<10	<10	10	<10	<10
La Concha I *5*	10	<10	<10	<10	20	10	10	<10
La Concha II *6*	10	<10	10	<10	<10	10	10	<10
El Caimancito *7*	10	<10	<10	<10	<10	<10	41	S/R
El Tesoro	10	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Pichilingue	10	20	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Balandra	10	10	<10	10	<10	<10	S/R	

Tabla 4.16. Calidad bacteriológica del agua de mar en la Bahía de La Paz durante el 2004.

PLAYA	ENTEROCOCOS (NMP/100 ml)				
	febrero	mayo	junio	agosto	septiembre
	16	19	16	17	29
Malecón I y Márquez de León 1	20	<10	<10	<10	<10
Malecón II 2	<10	10	<10	<10	30
Malecón III 3	S/R	<10	<10	20	10
Malecón IV	20	<10	<10	10	52
El Coromuel	10	<10	<10	<10	10
La Concha II	20	<10	<10	<10	<10
Caimancito	S/R	<10	<10	<10	<10
El Tesoro	<10	<10	10	<10	<10
Pichilingue	<10	<10	<10	S/R	<10
Balandra	S/R	<10	<10	S/R	<10

Tabla 4.17. Calidad bacteriológica del agua de mar en la Bahía de La Paz durante el 2005.

PLAYA	ENTEROCOCOS (NMP/100 ml								
	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov
	17	26	27	16	07	16	21	19	21
Malecón I (Márquez de León) *1*	20	10	10	10	<10	10	20	30	<10
Malecón II *2*	20	10	10	10	20	10	20	63	<10
Malecón II explanada	S/R	<10	10	<10	<10	<10	<10	20	10
Malecón III *3*	20	<10	<10	<10	10	10	<10	183	<10
Malecón IV	10	<10	S/R	<10	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
El Coromuel	20	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
La Concha II	20	10	<10	10	<10	<10	<10	<10	<10
Caimancito	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
El Tesoro	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10	<10
Pichilingue	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Balandra		<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	S/R

Tabla 4.18. Calidad bacteriológica del agua de mar en la Bahía de La Paz primer semestre 2006.

PLAYA	ENTEROCOCOS (NMP/100 ml)				
	julio	agosto	septiembre		noviembre
	11	23	06	21	29
Malecón I - Marque de León	10	<10	132	<10	<10
Muelle Fiscal	10	<10	158	10	31
Malecón II - Explanada	<10	<10	75	<10	10
Malecón III	10	<10	984	31	98
Corumel	<10	<10	10	<10	<10
La Concha II	10	<10	10	<10	<10
Caimancito	<10	<10	10	10	<10
El Tesoro	<10	<10	<10	<10	<10
Pichilingue	NR	<10	<10	<10	<10
Balandra	<10	<10	<10	<10	<10

Considerando los resultados obtenidos con referencia a los enterococos que se presentan es importante destacar el evidente el efecto de las precipitaciones que acompañan a huracanes que inciden sobre la ciudad de La Paz y provenientes de la cuenca hidrológica que desemboca en la Ensenada de La Paz, como el detonador del aumento de los valores de enterococos principalmente en los meses de agosto a noviembre.

Esta externalidad, aunada a posibles fallas de control y mantenimiento de las obras de colección del sistema de drenaje y de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de La Paz, son fuentes evidentes de contaminación que inciden directamente en la Ensenada de La Paz, lo que hace indispensable el monitoreo sistemático de la calidad del agua en esta zona para estar en posibilidad real de discriminar el efecto de las diversas fuentes actuales y potenciales.

4.3.2. Medio biótico

El estado de Baja California Sur se caracteriza por contar con una vegetación propia de zonas áridas, se conforma por especies adaptadas a este ambiente en el que soportan altas temperaturas y períodos muy largos sin precipitación; siendo los tipos de vegetación de mayor cobertura geográfica el matorral xerófilo y sarcocaule, la selva baja caducifolia hacia el sur del estado y bosques de encino, pino-encino y pino ubicados en las regiones serranas por arriba de los 1,000 msnm[3] [4]. La flora de la región se compone de más de 700 especies de las familias Asteraceae, Fabaceae, Euphorbiaceae, Malva ceae, Convolvulaceae, Poaceae, Solanaceae, Cyperaceae, Cactaceae, Nyctaginaceae, Compositae, Leguminosae y Graminae.[5] [6] [7] [8]

4.3.2.1. Vegetación

El uso predominante del suelo en el SAR corresponde al **matorral sarcocaule**, el cual abarca el 95.88% de la superficie total de esta área. En segundo lugar, se encuentra el **matorral sarco-crasicaule**, con una cobertura del 2.39%, como se detalla en la tabla siguiente. Estos datos provienen de la Serie VII del Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación elaborada por el INEGI.

El matorral sarcocaule, siendo la vegetación más representativa dentro del SAR, también es mencionado en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población (PDUCP) como la cobertura principal en el municipio de La Paz, donde ocupa el 43.22% del territorio. Esta vegetación se localiza principalmente sobre lomeríos, sierras bajas y mesetas, y se asocia con formaciones litológicas ígneas y suelos poco profundos, como los regosoles. Entre las especies que conforman este tipo de vegetación destacan:

- **Estrato de 6 a 8 metros:** *Pachycereus pringlei* (cardón), *Fouquieria columnaris* (cirio) y *Carnegiea gigantea* (sahuaro).
- **Estrato de 2 a 6 metros:** *Cercidium microphyllum* (palo verde), *Olneya tesota* (palo fierro), *Fouquieria* spp., *Pachycormus discolor*, *Bursera microphylla*, *Prosopis* spp., *Yucca* spp.
- **Estrato de 0.5 a 2 metros:** *Jatropha cinerea*, *Jatropha cuneata*, *Ambrosia chenopodifolia*, *Simmondsia chinensis*, *Larrea tridentata*.
- **Estrato herbáceo:** *Ephedra* spp., *Dalea* spp., *Frankenia palmeri*, *Atriplex* spp., *Hilaria* spp.

Por su parte, el matorral sarco-crasicaule, aunque con menor representación en el SAR, ocupa el 19.27% de la superficie analizada, concentrándose principalmente en la zona

---

[3] Álvarez-Borrego, S. (1983). Distribución y ecología de la vegetación en la península de Baja California. En J. L. León de la Luz & R. Rebman (Eds.), Estudios florísticos y vegetación de Baja California (pp. 25–42). Universidad Autónoma de Baja California.

[4] Rzedowski, J. (1983). *Vegetación de México*. Limusa.

[5] León de la Luz, J. L., Domínguez-Cadena, R., & Coria-Benet, R. (1996). Flora y vegetación de la reserva de la biosfera Sierra La Laguna, B.C.S., México. Universidad Autónoma de Baja California Sur.

[6] León de la Luz, J. L., Coria-Benet, R., & Domínguez-Cadena, R. (2008). Biodiversidad de la Sierra La Laguna, Baja California Sur. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

[7] Rebman, J. P., & Roberts, N. C. (2012). *Baja California plant field guide* (3rd ed.). Sunbelt Publications.

[8] Roberts, N. C. (1989). *A field guide to the flora of Baja California*. Natural History Publishing Company.

central. Este tipo de vegetación se desarrolla en terrenos coluviales y ondulados, de origen ígneo y metamórfico, donde predominan los suelos regosoles con fases gravosa y lítica.

Finalmente, es importante señalar que ambos tipos de vegetación han sufrido alteraciones en diversas zonas del municipio, producto de distintas formas de perturbación.

Como se mencionó anteriormente, el tipo de vegetación predominante en la unidad hidrológica forestal del predio es Matorral Sarcocaule (MSC), caracterizado por la dominancia de arbustos de tallos carnosos, gruesos frecuentemente retorcidos y algunos con corteza papirácea (INEGI, 2009).

Los matorrales sarcocaules se encuentran sobre terrenos rocosos y suelos someros de las regiones costeras, siendo el matorral más abundante en el estado (CONAFOR. 2015). Algunas de las especies representativas son: *Jatropha cuneata* (matacora), *Bursera microphylla* (torote rojo), *Pachycereus pringlei* (cardón pelón), *P. thurberi* (pitaya dulce), *Stenocereus gummosus* (pitaya agria), *Cyrtocarpa edulis* (ciruelo) y *Fouquieria diguetii* (palo Adán).

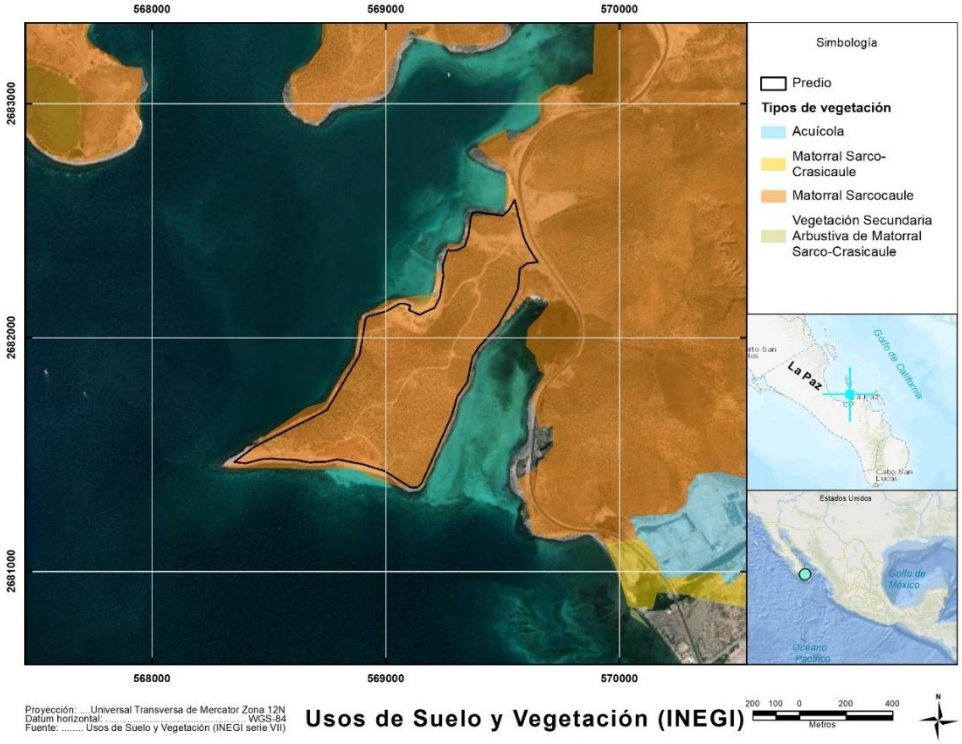
Un estrato arbustivo bajo lo integran especies dominantes como: *Ruellia peninsularis* (chamizo), *Calliandra peninsularis* (tabardillo), *Lippia palmeri palmeri* (orégano), *Euphorbia magdalenae* (golondrinón) y *Melochia tomentosa* (malva rosa). Este tipo de vegetación es el más abundante en la unidad hidrológica forestal del predio, dado el relieve abrupto y los suelos poco profundos característicos del mismo. En los sitios de muestreo **dentro del predio del Proyecto no se identificó vegetación de manglar**, sin embargo, este tipo de vegetación se encuentra en la parte este del predio

Tabla 19. Uso de suelo y vegetación del SAR.

Nombre		Clave	Nombre	Área	Hectáreas	Porcentaje
Sistema ambiental	Sistema ambiental	ACUI	Acuícola	259,791.87	25.98	1.50%
		MSC	Matorral sarcocaule	16,064,725.07	1,606.47	92.86%
		MSCC	Matorral sarco-crasicaule	412,929.03	41.29	2.39%
		Mar	Agua/Mar	38,351.52	3.84	0.22%
	Predio	MSC	Matorral sarcocaule	523,234.44	52.32	3.02%

Fuente: Uso de suelo y vegetación según Serie VII del INEGI.

Figura 4.65. Uso de Suelo y Vegetación.



A sí mismo para el caso de vegetación, el SA cuenta con el 94.31% de matorral sarcocaule, y 0.48% de matorral sarcocaule, solo 0.02% correspondiente a manglar.

Tabla 4.20. Tipo de vegetación forestal y no forestal del SAR.

		Tipo de vegetación	Formación	Área	Hectáreas	Porcentaje
Sistema ambiental	Predio	SN	SN	61.02	0.01	**0.00%**
		Matorral sarcocaule	Zonas semiáridas	523,158.65	52.32	**3.02%**
		Cuerpo de agua	Áreas no forestales	346.40	0.03	**0.00%**
	Sistema ambiental	Matorral sarcocaule	Zonas semiáridas	16,315,578.65	1,631.56	**94.31%**
		Matorral sarcocrasicaule	Zonas semiáridas	82,220.74	8.22	**0.48%**
		Manglar	Manglar	4,299.65	0.43	**0.02%**
		Acuícola	Áreas no forestales	259,377.15	25.94	**1.50%**
		Cuerpo de agua	Áreas no forestales	111,154.76	11.12	**0.64%**
		SN	SN	3,166.53	0.32	0.02%

Fuente: Uso de suelo y vegetación según Serie VII del INEGI

4.3.2.1.1. Caracterización de la Vegetación

La caracterización de la vegetación se realizó en base a los trabajos de campo llevados a cabo del 19 de marzo al 26 de marzo de 2025 (Anexo 4.2) , donde se analizó la composición florística y el estado de conservación de las especies presentes en el predio Punta La Paz, tomando en cuenta también la presencia de especies que se encuentran en la Norma Oficial Mexicana NOM 059 SEMARNAT 2025 y la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

Con el objetivo de conocer la composición, estructura y diversidad de la vegetación en el área de estudio, se llevó a cabo un estudio de caracterización de la flora empleando técnicas estandarizadas en ecología vegetal y estudios forestales. Para el diseño metodológico y la ejecución del muestreo, se consideraron diversas fuentes técnicas y científicas que orientaron tanto la selección de métodos como el análisis de los datos obtenidos.

Se tomaron como base los lineamientos establecidos por Mostacedo y Fredericksen (2000)[9], quienes presentan un compendio de métodos básicos para el muestreo y análisis en ecología vegetal, ampliamente utilizados en estudios de vegetación en zonas tropicales y subtropicales. Asimismo, se incorporaron las propuestas metodológicas de Carrillo (1989, 2010)[10] [11], las cuales aportan procedimientos prácticos para la realización de inventarios forestales, incluyendo la selección de parcelas, el levantamiento de datos y la estimación de variables estructurales como la cobertura, densidad y frecuencia.

Para complementar estos enfoques, se consultó el manual técnico de Lorena (2002)[12], orientado al desarrollo de inventarios forestales en bosques latifoliados de América Central, el cual ofrece herramientas útiles para la planificación del muestreo en ecosistemas con alta heterogeneidad florística. Finalmente, se consideró el trabajo de Reyna (2021)[13], quien documenta la estructura y diversidad del matorral xerófilo en el noreste de México, sirviendo como referencia comparativa para interpretar los resultados obtenidos en zonas áridas y semiáridas.

Estudio de vegetación

Para la realización del estudio de vegetación se usó el método de sitios de muestreo fueron de forma circular de 100 m^2 para el estrato arbustivo (radio de 5.64 m lineales), y de 1 m^2 para las especies herbáceas (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Tamaño de muestra

Para la definición de las áreas de levantamiento de flora se utilizó la herramienta de Muestreo Sistemático del Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollado para el presente estudio, esta herramienta permite crear entidades que se utilizan como

[9] Mostacedo B. y T.S. Fredericksen 2000. Manual de Métodos Básicos de muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.
[10] Carrillo, E.G. 1989. Apuntes del curso de Inventarios Forestales. Serie de Apoyo Académico 35, División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo México. 289 p.
[11] Carrillo E.G. 2010. Métodos Prácticos para Muestreos e Inventarios Forestales. Serie de Apoyo Académico, División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo México. 172 p
[12] Lorena, O. 2002. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Turrialba, C. R. Serie Técnica Manual Técnico No. 50. CATIE 264 p.
[13] Reyna, G. 2021.Estructura y diversidad del matorral xerófilo en el noreste de México. Polibotánica. Instituto Politécnico Nacional. Núm. 51: 107-122 México.

ubicaciones de muestreo o áreas de agregación. La herramienta nos permite crear una malla de polígonos cuadrados dentro de una extensión del territorio. El muestreo sistemático es útil para garantizar que no se muestrean más secciones del área de estudio que otras, lo que suele ser deseable cuando el objetivo es crear un mapa de las muestras en lugar de hacer inferencias sobre toda el área de estudio.

Para este proyecto se tomó como referencias el límite del predio para determinar una malla de 100x100 metros, con el objetivo de cubrir en su totalidad las áreas consideradas para el cambio de uso de suelo, resultando el siguiente cubrimiento general.

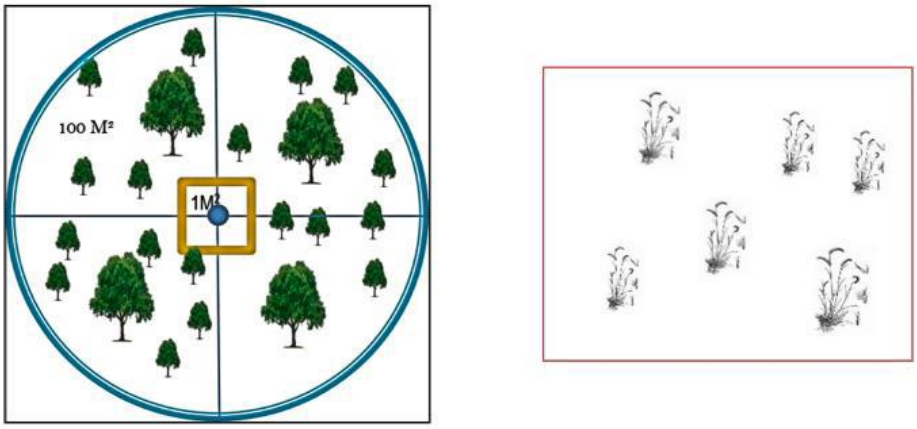
Diseño del muestreo

Una vez que se tuvo el material cartográfico, la malla 100x100 metros y la distribución de puntos sobre el área de estudio, se planteó el desarrollo de un muestreo sistemático dirigido, en el que se eligieron 40 puntos de los distribuidos homogéneamente sobre la superficie total del predio, considerando cubrir toda la superficie (Carrillo, 2010).

Los sitios de muestreo fueron de forma circular de 100 m^2 para el estrato arbustivo (radio de 5.64 m lineales), y de 1 m^2 para las especies herbáceas. En cada sitio de muestreo se registró el tipo de vegetación, altitud, coordenadas UTM, así como los estratos presentes y las especies florísticas que integran cada uno de ellos, posteriormente su identificación florística con nombre científico y las mediciones dasométricas correspondientes, tales como número de individuos por especie, diámetro y altura total. La fecha de levantamiento de datos dasométricos se realizó en marzo del 2025.

Los materiales utilizados en campo fueron cuerda de 20 m, flexómetro, estacas, catálogo de fotografías de especies, geoposicionador, cámara fotográfica, entre otros.

Figura 4.66. Ejemplo de diseño de sitios de muestreo.



Estimación del tamaño de la muestra

Se realizó un análisis previo de las condiciones del sitio de muestreo en donde se encontraron datos de la vegetación arbustiva, herbácea y poca o nula presencia del estrato arbóreo. Bajo esta información se planteó la forma y tamaño de los sitios a muestrear. La Unidad de Muestreo fueron sitios de 100 m^2 de forma circular por la facilidad de su trazo, así como las características de la vegetación que permiten una buena medición al carecer

de arbolado y permitir la movilidad entre los individuos para efectuar las mediciones. Para el marco de muestreo bajo una intensidad planteada de 0.75% se determinaron 40 sitios de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{I.M \times A}{T.S.}$$

Dónde:

n = Número de sitios

I.M.= Intensidad de muestreo

A= Superficie total

T.S.= Tamaño de los sitios de muestreo

De acuerdo con Carrillo Espinosa, Guillermo 1991[14], las intensidades de muestreo más comunes varían en el rango del 0.004 – 0.4 o su expresión en porcentaje del 0.4% - 4%.

Puntos de muestreo

El siguiente cuadro muestra las coordenadas de los sitios de muestreo, Zona 12N UTM, DATUM WGS 84.

Figura 4.67. Puntos de muestreo.

Sitio de muestreo	X	Y
1	569,485	2,682,494
2	569,208	2,681,801
3	568,427	2,681,519
4	568,506	2,681,495
5	568,623	2,681,497
6	568,921	2,681,897
7	569,004	2,681,897
8	568,618	2,681,577
9	568,718	2,681,585
10	568,814	2,681,587
11	568,914	2,681,688
12	568,916	2,681,793
13	569,010	2,681,802

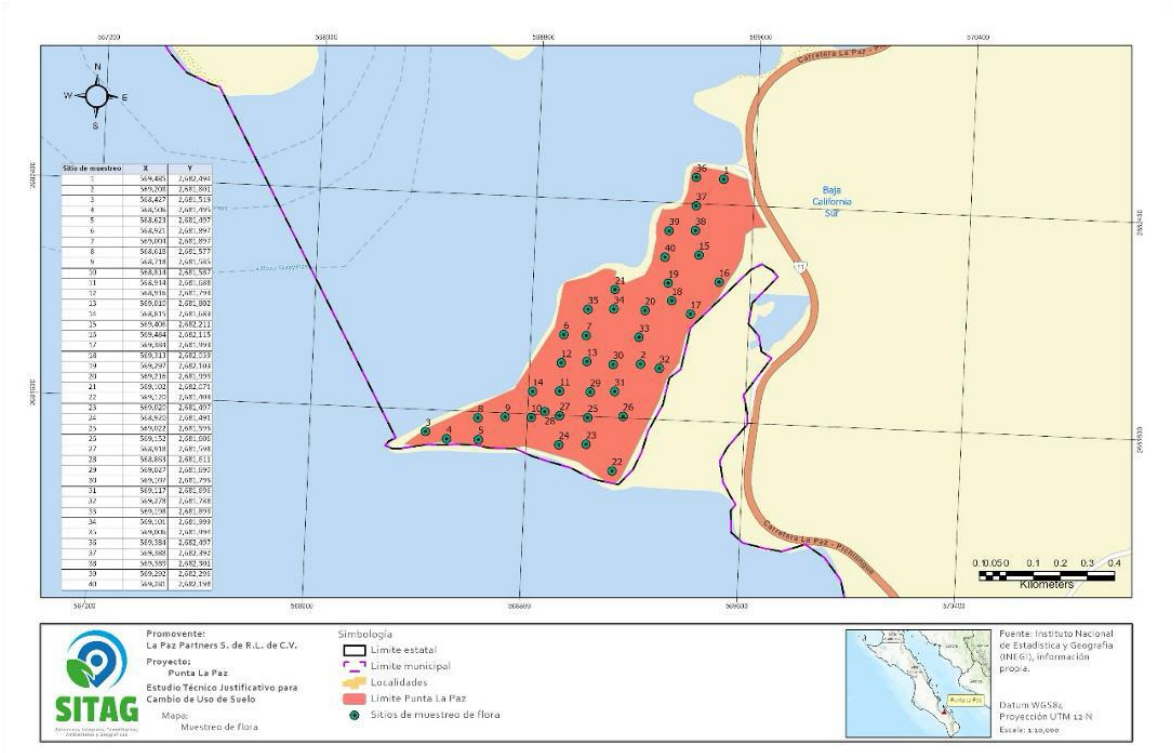
Sitio de muestreo	X	Y
14	568,815	2,681,683
15	569,406	2,682,211
16	569,484	2,682,115
17	569,384	2,681,993
18	569,313	2,682,039
19	569,297	2,682,103
20	569,216	2,681,999
21	569,102	2,682,071
22	569,120	2,681,403
23	569,020	2,681,497
24	568,920	2,681,491
25	569,022	2,681,595
26	569,152	2,681,606

[14] Carrillo Espinosa, G. (1991). Apuntes del curso de inventarios forestales (Serie de Apoyo Académico No. 35). División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Sitio de muestreo	X	Y
27	568,918	2,681,598
28	568,863	2,681,611
29	569,027	2,681,690
30	569,107	2,681,795
31	569,117	2,681,696
32	569,278	2,681,788
33	569,198	2,681,899

Sitio de muestreo	X	Y
34	569,101	2,681,999
35	569,006	2,681,994
36	569,384	2,682,497
37	569,388	2,682,392
38	569,389	2,682,301
39	569,292	2,682,296
40	569,281	2,682,198

Figura 4.68. Sitios de muestreo dentro del Predio.



Fuente: (Caracterización de Flora y Fauna, 2025).

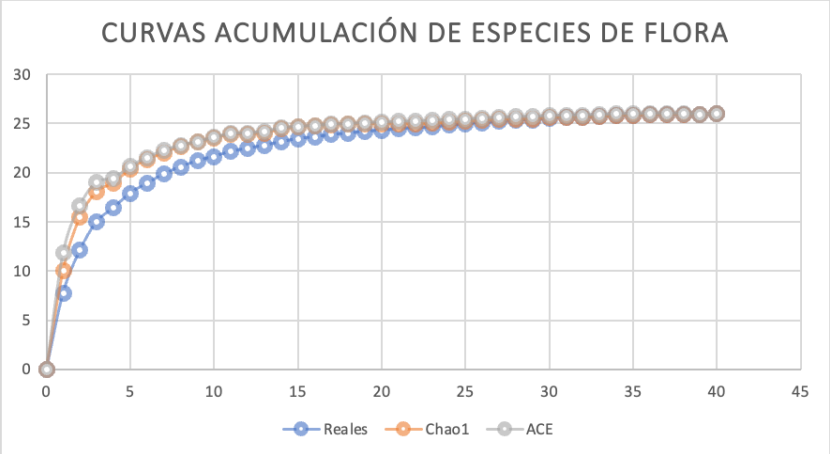
Curva de acumulación de especies

Para evaluar que los datos levantados sean significativos con respecto a la representación de especies dentro del predio, se procedió a realizar un análisis de curva de acumulación de especies el cual consiste en conocer la riqueza de especies total de una comunidad. Estas curvas muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de recolecta en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual por más que se recolecta, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota.

En la curva de colecta de especies, la incorporación de nuevas especies al inventario se relaciona con alguna medida del esfuerzo de muestreo. Cuanto mayor sea este esfuerzo, mayor será el número de especies colectadas.

Se realizó el análisis en el Programa EstimateS bajo los parámetros colectados resultando preliminarmente la siguiente gráfica para flora.

Figura 4.69. Curva de acumulación de especies.



En cuanto a la eficiencia del muestreo se presenta en el Anexo 4.2 el cuadro que refleja que para la flora muestreada la eficiencia se calculó en un 100% para los dos estimadores mostrados Chao 1 y ACE al número de sitio colectados.

Evaluación de la vegetación

Para evaluar la vegetación se registraron las especies que cayeran dentro de la circunferencia del diseño de muestreo en la cual se registró por medio de un formato de levantamiento de vegetación. Las especies encontradas durante el muestreo se registraron la forma de vida que presentaba: Herbácea, Arbusto, Árbol, Trepadora o Suculenta. Cada registro de cada especie se consideró el nombre común, para su determinación se tomó una foto registrando los siguientes partes: Floración, Fruto, Hoja y Tallo. Posteriormente se llevó su identificación por medio de comparación por medio de diferentes fuentes digitales y bibliográficas. La información recopilada dentro del muestreo fue capturada en una base de datos en la cual se determinó los siguientes Índices: Abundancia, Diversidad, Frecuencia, Dominancia y valor de importancia (IVI).

Análisis de diversidad de la vegetación

De acuerdo al análisis realizado, para el predio Punta La Paz, se obtuvo un registro de 26 especies, con una diversidad de 2.84 de acuerdo al Índice Diversidad de Shannon- Wiener.

Figura 4.70. Número de individuos registrados por especie.

Especies	Nombre común	No. de Individuos
A. Sobria Brandegee	Agave	10
Euphorbia lomelii	Candelilla	18

Especies	Nombre común	No. de Individuos
Pachycereus pringlei	Cardón	3
Phaulothamnus spinescens	Casa de Cochi	21
Echinocereus brandegeei	Casa de Rata	81
Cylindropuntia cholla	Choya Pelona	31
Cyrtocarpa edulis	Ciruelo Silvestre	45
Cylindropuntia alcahes	Clavellina	11
Bursera epinnata	Copal	60
Acacia goldmani	Dai	24
Lycium brevipes	Frutilla	10
Encelia farinosa	Incienso	30
Simmondsia chinensis	Jojoba	14
Jatropha cuneata	Matacora	156
Fouquieria diguetii	Palo Adán	66
Caesalpinnia arenosa	Palo Estaca	104
Stenocereus gummosus	Pitaya Agria	76
Stenocereus thurberi	Pitaya dulce	4
Ruellia californica	Rama Parda	22
Ambrosia monogyra	Romerillon	22
Antogonon leptopus	San Miguelito	4
Bursera microphylla	Torote	28
Olneya tesota	Uña de gato	17
Sesuvium portulcastrum	Verdolaga de Playa	11
Mammillaria fraileana	Viejito	47
Aristida adscensionis	Zacate tres Aristas	5
Total		920
Índice de biodiversidad Shannon- Wiener		2.84

Figura 4.71. Clasificación de resultados.

	Nombre científico	Tipo de estrato	Tipo de especie	NOM-059-SEMARNAT	Lista UICN
1	*Agave sobria*	Cactácea	Endémica		
2	*Euphorbia lomelii*	Arbusto	Nativa		
3	*Pachycereus pringlei*	Cactácea	Nativa		
4	*Phaulothamnus spinescens*	Arbusto	Nativa		
5	*Echinocereus brandegeei*	Cactácea	Nativa		
6	*Cylindropuntia cholla*	Cactácea	Nativa		
7	*Cyrtocarpa edulis*	Árbol	Nativa		
8	*Cylindropuntia alcahes*	Cactácea	Nativa		
9	*Bursera epinnata*	Árbol	Nativa		
10	*Acacia goldmani*	Arbusto	Nativa		
11	*Lycium brevipes*	Arbusto	Nativa		
12	*Encelia farinosa*	Herbácea	Nativa		
13	Simmondsia chinensis	Arbusto	Nativa		
14	*Jatropha cuneata*	Arbusto	Nativa		
15	*Fouqueria diguetti*	Arbusto	Nativa		
16	*Caesalpinnia arenosa*	Arbusto	Endémica		
17	*Stenocereus gummosus*	Cactácea	Nativa		
18	Stenocereus thurberi	Cactácea	Nativa		
19	*Ruelia californica*	Herbácea	Nativa		
20	*Ambrosia monogyra*	Arbusto	Nativa		
21	*Antogonon leptopus*	Herbácea	Nativa		
22	*Bursera microphylla*	Árbol	Endémica		
23	*Olneya teosota*	Árbol	Nativa	Sujeta a protección especial	Especie Amenazada
24	*Sesuvium portulcastrum*	Herbácea	Nativa		
25	Mammilaria Fraileana	Cactácea	Nativa		
26	*Aristida adsenscionis*	Herbácea	Nativa		

Figura 4.72. *Cylindropuntia cholla.*



Figura 4.73. *Cylindropuntia alcahes.*



Figura 4.74. *Stenocereus thurberi.*



Figura 4.75. *Olneya tesota.*



Figura 4.76. *Bursera epinnata.*



Figura 4.77. *Jatropha cuneata.*



Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y caracterizadas bajo las Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN

Durante el recorrido de reconocimiento de la vegetación en el predio, se registró la presencia de la especie *Olneya tesota*, comúnmente conocida como uña de gato. Esta planta es un arbusto o árbol pequeño característico de zonas áridas y semiáridas, que puede alcanzar hasta 10 metros de altura. Presenta ramas espinosas, hojas compuestas de color verde grisáceo y flores vistosas de tonos morados a rosados, que atraen a diversos polinizadores. Es una especie endémica del desierto de Sonora, adaptada a condiciones extremas de sequía.

Olneya tesota se encuentra listada en la **NOM-059-SEMARNAT-2010** bajo la categoría de **"Sujeta a protección especial (Pr)"**, lo que indica que, aunque no se encuentra en peligro de extinción, requiere medidas específicas de manejo y conservación para evitar que sus poblaciones disminuyan debido a presiones ambientales o actividades humanas. Asimismo, figura en la **Lista Roja de la UICN** como **"Especie Amenazada (Near Threatened)"**, debido a la pérdida y fragmentación de su hábitat, el sobrepastoreo, y el uso no regulado de su madera, valorada por su dureza y resistencia.

Índices de evaluación de vegetación

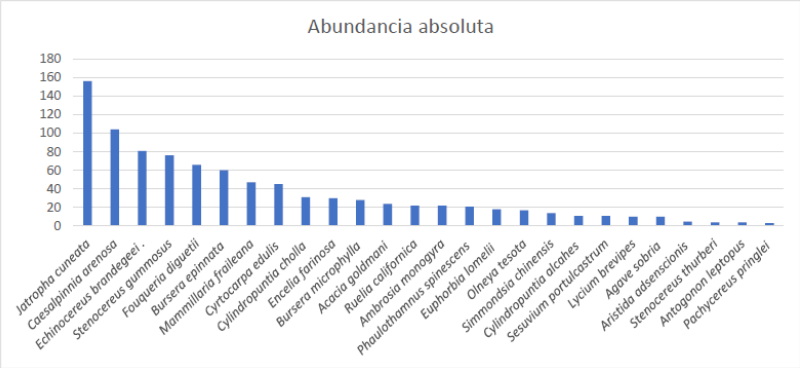
El análisis estructural de la vegetación permite comprender la distribución y el comportamiento de las especies presentes en una determinada superficie, especialmente en el caso de los árboles. Esta estructura puede evaluarse mediante diversos índices que reflejan tanto la frecuencia de aparición de las especies como su importancia ecológica dentro del ecosistema.

A continuación, se presentan los índices estimados para la vegetación presente en el área de estudio.

Abundancia (Aba)

En el estudio de caracterización se registraron un total de 920 individuos, lo que refleja la abundancia de especies presentes en el sitio. La abundancia se refiere al número de individuos de cada especie dentro del área de estudio y es un indicador clave para evaluar la composición y estructura de la vegetación. Las especies con mayor número de individuos fueron *Jatropha cuneata*, *Caesalpinia arenosa*, *Echinocereus brandegeei*, *Stenocereus gummosus*, *Fouquieria diguetii*, *Bursera epinnata*, *Mammillaria fraileana* y *Cyrtocarpa edulis*.

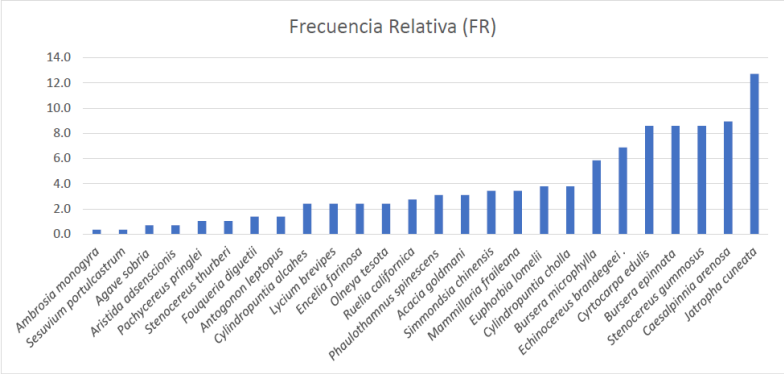
Figura 4.78. Abundancia absoluta



Frecuencia (Fra)

En el análisis de la frecuencia relativa realizado en el área de estudio, se identificó que las especies más frecuentes fueron *Jatropha cuneata*, *Caesalpinia arenosa*, *Stenocereus gummosus* y *Bursera epinnata*.

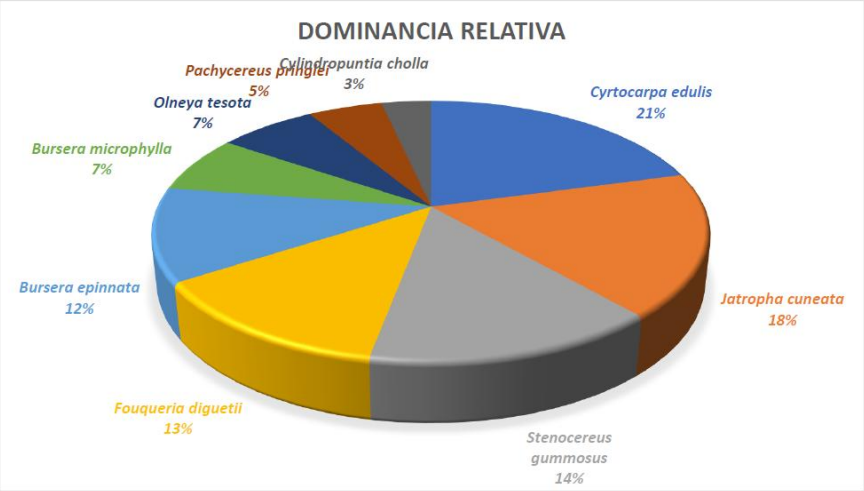
Figura 4.79. Frecuencia relativa.



Dominancia (Dd)

El análisis de dominancia permite cuantificar la proporción del área ocupada por cada especie vegetal dentro de un sitio, lo que facilita identificar aquellas con mayor cobertura relativa. En el predio Punta La Paz, *Jatropha cuneata* presenta la mayor cobertura con un 18%, seguida de *Stenocereus gummosus* con un 14% y *Fouquieria diguetii* con un 13%.

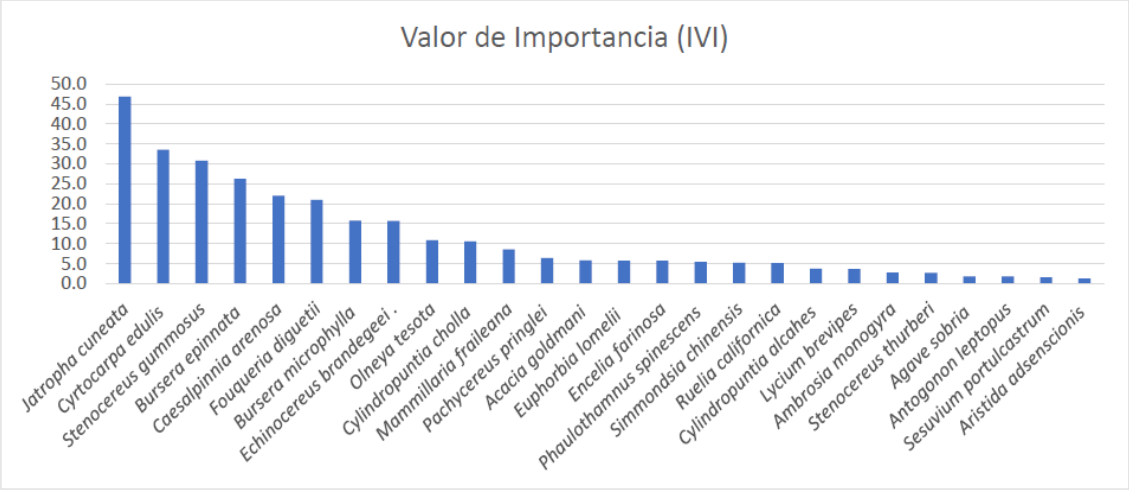
Figura 4.80. Dominancia relativa de especies vegetales presentes en el predio.



Índice de importancia (IVI)

La siguiente gráfica muestra el Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies registradas en el predio Punta La Paz. Este índice integra tres parámetros ecológicos —frecuencia, densidad y dominancia— para determinar la relevancia ecológica de cada especie dentro de la comunidad vegetal. Las especies que obtuvieron un IVI alto, destacando por su papel dominante en la vegetación del sitio, fueron *Jatropha cuneata*, *Cyrtocarpa edulis*, *Stenocereus gummosus*, *Bursera epinnata*, *Caesalpinia arenosa* y *Fouquieria diguetii*.

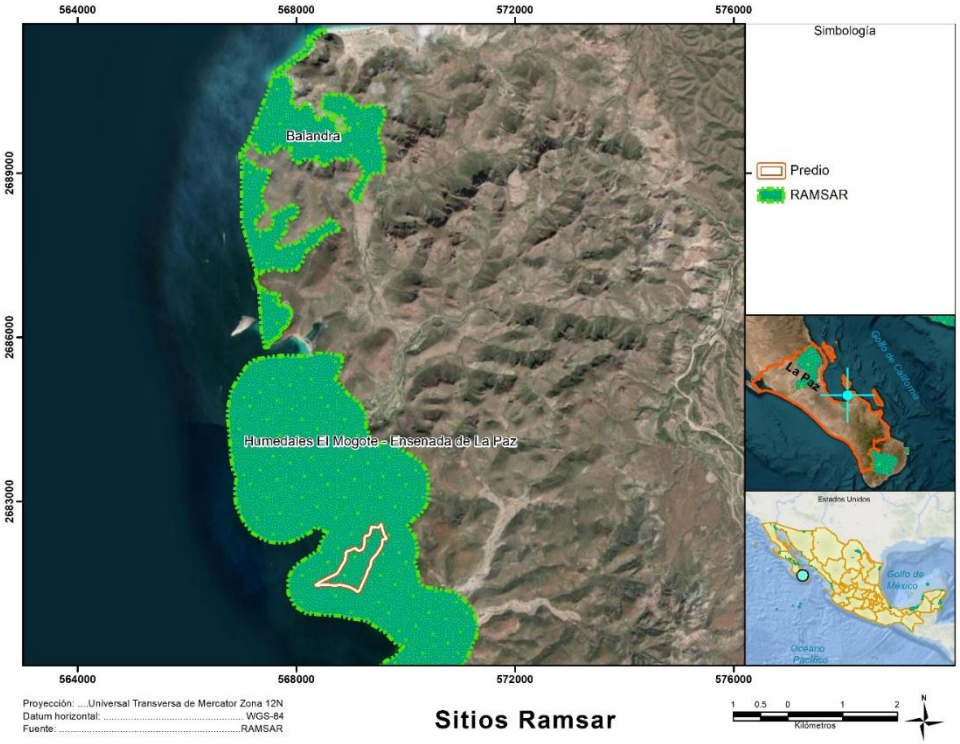
Figura 4.81. índice de valor de importancia de especies vegetales presentes en el predio.



4.3.2.1.2. Humedales y Manglar

La Ensenada de La Paz forma parte del sitio Ramsar “Humedales Mogote–Ensenada de La Paz”, reconocido internacionalmente por su importancia ecológica. Este sitio abarca aproximadamente 9,184 hectáreas y es crucial para la conservación de la biodiversidad en la región.

Figura 4.82. Sitio Ramsar - Humedales Mogote - Ensenada de La Paz



La Ensenada de La Paz, zona de ubicación del sitio propuesto, es una laguna costera adyacente a la planicie costera de La Paz, se encuentra separada de la Bahía de La Paz por una barrera arenosa (El Mogote), con aportes de agua pluvial temporal de verano. Es una la laguna somera de 10 m. promedio de profundidad. Se comunica con la Bahía de La Paz con un canal de 4.5 km. aprox. de longitud y profundidad de 10 m. aprox. Los manglares estructuralmente cuentan en su mayoría, con planicies de inundación (zonas de inundación intermareales), y cuerpos internos de agua, conformando pequeñas lagunas. En su margen Norte presenta un frente de duna o barra de arena denominada El Mogote, que la separa de la Bahía de La Paz, y en la parte interior, hacia la ensenada, lo bordean manglares. En general las riberas presentan vegetaciones halófitas y la cobertura vegetal circundante es de bosque bajo caducifolio tipo Sarcocaule.

Los manglares en la laguna de Balandra y las áreas adyacentes se caracterizan por la reducida dimensión de la masa arbolada; cada individuo tiende a ramificarse desde su base, alto nivel de cobertura individual, baja tasa de regeneración poblacional, y otras relacionadas con aspectos fenológicos (Domínguez et al., 2011). Los estudios han considerado que estos manglares se encuentran estructurados en cuatro principales condiciones microtopográficas, establecidas con base en la dinámica del régimen de la marea, desde el margen de la costa hasta el interior de la masa arbolada. Las especies presentes en el manglar de Balandra son el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle negro (*Avicennia germinans*), todas ellas en categoría de amenazadas de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana

Nom-059- Semarnat-2010, Protección ambiental, Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categoría de Riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo[15].

Domínguez et al. (2011) han descrito como manglar en condición "O" tipo costa (CO) aquel donde los individuos de mangle tienen contacto continuo con el agua y donde la fuerza del oleaje es mayor en todo el sistema. El manglar en condición o tipo canal (CA) corresponde a aquel donde el agua fluye hacia el interior por una vía y donde la fuerza del oleaje es considerablemente menor que en el primer caso. El tipo inundación permanente (IP) es el manglar con suelo permanentemente saturado. Finalmente, el tipo inundación temporal (IT) corresponde al que es topográficamente más elevado, donde la inundación es poco frecuente.

Bajo esta conceptualización, León de la Luz et al. (2013) encontraron que el mangle blanco (Laguncularia racemosa) es la especie dominante en el tipo de costa (CO), mientras que el mangle rojo (Rhizophora mangle) tiene una evidente presencia en áreas de canales y de fango en las condiciones (CA) e (IP); por último, el mangle negro (Avicennia germinans) es la especie dominante en las áreas más externas del manglar (IT).

Manglar "Estero Punta El Gato"

Se entiende por ecosistema al conjunto de factores bióticos y abióticos que interactúan mediante adaptaciones locales mutuas desarrolladas a través del tiempo, son considerados entidades naturales que, en función de su propia estructura, composición y funcionamiento, tienen algún grado inherente de resistencia a ciertos cambios originados por perturbaciones. Se ha demostrado que alteraciones relativamente modestas pueden ser absorbidas o "restauradas" de manera autónoma y eficaz por un ecosistema dado, el cual se reorienta hacia una trayectoria similar a la inmediata anterior al disturbio (esta propiedad elástica se conoce como resiliencia) (Caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025).

Cabe destacar que los manglares son importantes porque prestan servicios ambientales diversos en condiciones naturales, toda vez que filtran el agua y permiten el abastecimiento de acuíferos freáticos. Son además ecosistemas que capturan gases del efecto de invernadero y actúan como sumideros de bióxido de carbono. Contribuyen también al mantenimiento de la línea de costa y se debe reconocer que los manglares son ecosistemas que aportan servicios importantes a la diversidad biológica del planeta (Novitzki, 1994; Mitsch y Gosselink, 2000).

El manglar "Estero El Gato", se ubica en latitud N 24° 15´ 03" y W 110° 18´ 47", de vegetación de mangles en forma arbustiva, su vegetación está compuesta de tres especies *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicenia germinans* (mangle negro) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), (CIBNOR, 2016)[16].

Ávila-Flores en 2016[17] categoriza el estado de conservación de los manglares donde Estero El Gato tiene lugar en el listado y en 2021 menciona a Estero El Gato y su área original de vegetación en 1974 y la del 2018.

[15] Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2013). Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Balandra. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). https://simec.conanp.gob.mx/

[16] CIBNOR (2016). *Los manglares de la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

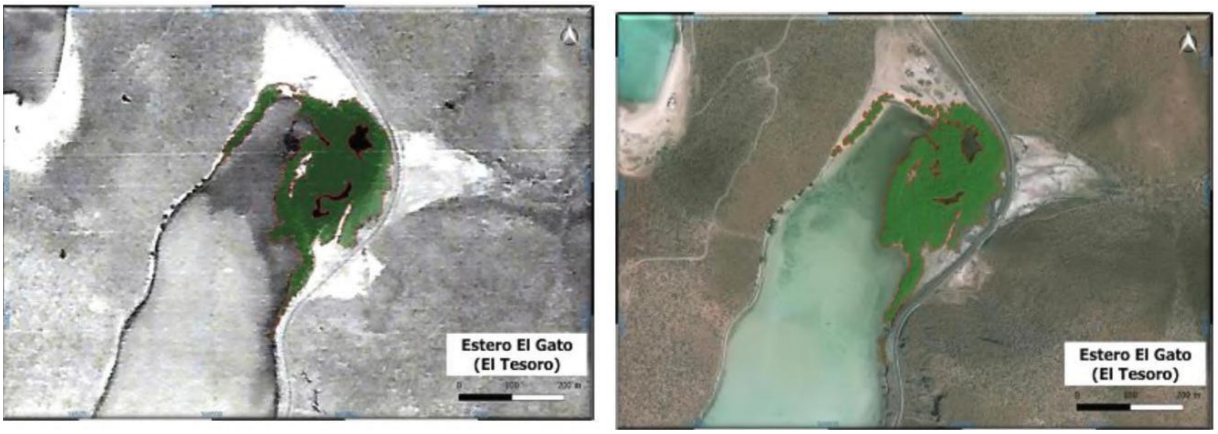
[17] Ávila-Flores, G. (2021). Evaluación integral de los manglares del Estado de Baja California Sur, México [Tesis doctoral, CIIDIR-Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional].

Por otra parte, López-López en 2013, hizo una clasificación de extensión de los manglares de La Paz, que va de remanente, pequeño, regular y muy grande, para Estero El Gato por su cobertura lo denominó regular por su extensión. Menciona que el lugar es muy visitado para fines de recreación y económicamente contribuye a pescadores con la extracción de jaiba y almeja. Para su geomorfología dice que la bahía está rodeada de lomeríos con altitudes de 20-60 m, su zona supramareal mide 180 m de largo y 130 m de ancho, el arroyo del que le manglar recibe agua en la temporada de lluvia viene a la dirección de Noreste-Sureste, los organismos de manglares forman a la orilla de la playa formas de herradura que ayudan a amortiguar las olas, corrientes y erosión de la línea costera.

Asimismo, López-López, (2013)[18] indica el impacto por la construcción de la carretera que modificó los escurrimientos superficiales, también la entrada de las personas, contaminación urbana, los visitantes extrayendo moluscos y peces. Por último, un problema que menciona es que la visita de la gente no se estaba regulando y señala también la presencia de letreros informativos y botes de basura.

Cobertura de manglar: De acuerdo con Ávila-Flores (2021)[19] la cobertura de manglar Estero Punta El Gato en 1973 era de 47,916.84 m^2 y en 2014 fue de 45,429.86 m^2**.** Esto da una pérdida de vegetación de mangles de 2,017.99 m^2 en el periodo de años mencionados y parece continuar con esa tendencia.

Figura 4.83. Cobertura de manglar de 1973 a 2014.



Fuente: (Ávila-Flores, 2016).

En noviembre del 2023 en la tesis "*Diagnóstico Ambiental previo al proceso de Restauración del Manglar "Estero El Gato", Sitio Ramsar No. 1816 "Humedal Mogote-Ensenada La Paz", Golfo De California, México, de Esther Monroy Robledo*[20], obtuvo una cobertura con método supervisado es de 37,498.135 m^2. Tomando el área del método supervisado del 2023 y la del año 1973 en 50 años la perdida de vegetación ha sido de 10,463.705 m^2.

[18] López-López, F. J. (2013). *Composición y estructura de las comunidades de peces en sistemas de manglar de la Bahía de La Paz, Baja California Sur* [Tesis doctoral, CIBNOR].
[19] Ávila-Flores, G. (2021). Evaluación integral de los manglares del Estado de Baja California Sur, México [Tesis doctoral, CIIDIR-Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional].
[20] Monroy Robledo, E. (2023). *Diagnóstico Ambiental previo al proceso de Restauración del Manglar "Estero El Gato", Sitio Ramsar No. 1816 "Humedal Mogote-Ensenada La Paz", Golfo De California, México* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur].

Estado de conservación: Ávila-Flores y colaboradores en 2020[21] categorizaron el estado de conservación de los manglares de la Bahía de La Paz, siendo analizado Estero El Gato y determinaron su estado de conservación como “Casi Amenazado”.

Figura 4.84. Valores del estado de conservación de manglares en La Paz.

Mangrove Community	RVI Score	DM Score	RA Score	MCSI	IUCN Red List of Ecosystems
Balandra	57	23.2	7.0784	87.2784	Least Concern (LC)
Centenario-Chametla	57	11.6	4.8412	73.4412	Near Threatened (NT)
Comitán	57	17.4	10.2732	84.6732	Least Concern (LC)
Espíritu Santo Archipelago	-	29	10.2732	-	Data Deficient (DD)
El Conchalito	54.6231	17.4	6.048	78.0711	Near Threatened (NT)
El Merito	57	29	9.5424	95.5424	Least Concern (LC)
El Mogote	57	23.2	7.7196	87.9196	Least Concern (LC)
Enfermería	41.8836	11.6	5.7456	59.2292	Vulnerable (VU)
Eréndira	57	11.6	3.836	72.436	Near Threatened (NT)
Estero Bahía Falsa	57	17.4	5.0652	79.4652	Near Threatened (NT)
Estero El Gato	57	17.4	6.1544	80.5544	Near Threatened (NT)
La Paz-Aeropuerto	57	17.4	2.5508	76.9508	Near Threatened (NT)
Palmira	53.8593	11.6	1.5988	67.0581	Near Threatened (NT)
Playa Pichilingue-Brujas	16.9575	11.6	1.456	30.0135	Endangered (EN)
Salinas de Pichilingue	-	-	9.9624	-	Data Deficient (DD)
Pichilingue UABCS	45.5316	17.4	4.8944	67.826	Near Threatened (NT)
Zacatecas	57	23.2	8.3636	88.5636	Least Concern (LC)

Fuente: (Ávila-Flores et. al. 2020).

En agosto del 2013, María Lourdes González Corona[22] realizó una evaluación y descripción de 14 geositios a lo largo de costa desde La Paz hasta el área de Balandra, el cual incluye al Estero Puerto Gato, donde estableció tres de criterios fundamentales para definir un geositio, tales como: a) el valor intrínseco, b) el uso potencial del geositio y c) la necesidad de protección. Cada criterio contiene diversos aspectos que deben ser valorados en una escala que varía entre 5 y 1.

Con base en los resultados y considerando que el valor máximo de 5 para cada parámetro evaluado, entonces de acuerdo con la fórmula utilizada el máximo valor que puede alcanzar un geositio es de 30 puntos, considerando los tres parámetros evaluados; el valor intrínseco, uso potencial y necesidades de protección. Ninguno de los geositios evaluados alcanzó el valor más alto, el geositio con mayor valor corresponde a Balandra (25.33) y los de menor valor fueron Playa El Coromuel (16) y Estero Puerto (Punta) Gato (16).

La ficha de caracterización incluye las afectaciones antropogénicas del sitio, que califica el grado modificaciones y deterioró de impacto de cada lugar visitado, tomando en cuenta la relación existente del geositio con la interacción humana, El Estero Puerto El Gato tiene una afectación moderada.

[21] Ávila-Flores, G., et al. (2020). *Evaluación del estado de conservación de los manglares en la Bahía de La Paz*. [Detalles adicionales de publicación no disponibles en los resultados de búsqueda actuales].

[22] González Corona, M. L. (2013). *Propuesta de geositios de interés turístico, educativo y de conservación entre la ciudad de La Paz y Punta Coyote, municipio de La Paz, Baja California Sur, México* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur].

Figura 4.85. Ficha de caracterización del geositio Estero Puerto Gato.



Coordenadas: N 24° 15' 0.3" W 110° 18' 54"

GEOSITIO: ESTERO

PUERTO GATO (GEO 4)

AFECTACIÓN	
MÍNIMA	
MODERADA	X
ELEVADA	
MUY ELEVADA	

DESCRIPCIÓN

Esta área se encuentra sobre la carretera La Paz-Pichilingue, a aproximadamente 8.4 km en línea recta a partir del parque El Molinito, al norte de La Paz, justamente a un costado de la denominada playa El Tesoro.

El sitio, es una zona costera inundada por corrientes de marea de agua marina, el lugar conforma lo que se conoce como un estero, siendo una entrada de agua amplia que está rodeada de dos lomeríos donde afloran rocas de origen volcánico, denominadas brechas andesíticas. En la base del lomerío ubicado al NE de este cuerpo de agua es posible observar algunas cavernas que se han desarrollado como resultado de la erosión marina. Las cavernas en algunos lugares se han colapsado dando origen a montículos aislados. Alrededor del cuerpo de agua se han desarrollado algunas áreas de playa y una colonia de mangles, los cuales juegan un papel fundamental en la producción de algunas especies marinas, así como de algunas aves propias de la región. Los depósitos de playa de este lugar están constituidos por arenas, son de color claro, debido a su composición mineralógica, constituida principalmente por fragmentos de cuarzo, feldespatos y algunos minerales ferromagnesianos como biotita, también es posible observar restos de conchas calcáreas. También en la playa es posible observar fragmentos de rocas que se encuentran en las inmediaciones del lugar.

El principal uso potencial de este lugar es con fines de recreación, paisajístico por los contrastes de colores y pedagógico por los manglares y la fauna asociada.

Fuente: (González Corona, 2013).

4.3.2.2. Fauna

Las condiciones geológicas particulares de la península de Baja California Sur, sus microclimas, la influencia de las corrientes oceánicas, la variación latitudinal y altitudinal, entre otros; han conformado un conjunto de factores tanto bióticos como abióticos en el que los hábitats resultantes presentan condiciones de heterogeneidad que han limitado el movimiento de las poblaciones, forzándolas a evolucionar de forma diferencial, lo que ha dado lugar a un elevado endemismo en la región[23] [24] [25]. Como resultado, el estado de Baja California Sur conforma un área de gran diversidad y endemismos de especies de fauna silvestre y marinos[26].

Baja California Sur es el estado mexicano de mayor extensión costera; conforma un área de gran diversidad y endemismos de especies y subespecies de mamíferos terrestres y marinos, cuenta con 30 familias, 69 géneros y 104 especies, de las cuales 11 son endémicas. Baja California Sur es considerado como una de las regiones prioritarias para la conservación a nivel internacional.

Como se comentó anteriormente la acentuada orografía del estado permite una gran variedad de microhábitats, lo que genera una diversidad de ambientes, así como de flora y fauna. Principalmente encontramos fauna adaptada a los ecosistemas áridos presentes en la mayor parte del territorio, debido a la baja disponibilidad de agua dulce, además de una densidad baja en las poblaciones relacionada con la poca disponibilidad de recursos. Todas estas características intrínsecas del territorio promueven la especialización de las especies a su hábitat, dando lugar a las especies endémicas, variedades o subespecies.

El territorio de Baja California Sur cuenta con una gran biodiversidad de fauna, gracias a la variada geografía que incluye desiertos, montañas, lagunas y costas; esta diversidad de ambientes permite la existencia de una gran variedad de especies que han desarrollado adaptaciones únicas para prosperar en estos entornos.

Mamíferos Terrestres

La región alberga especies como el Berrendo Peninsular (*Antilocapra americana peninsularis*), un antílope en peligro de extinción adaptado a los desiertos, y el Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis nelsoni*), conocido por sus habilidades para escalar y sobrevivir en los terrenos montañosos más áridos. También se encuentran mamíferos pequeños como roedores, liebres y conejos y medianos como el coyote, zorras grises, cacomixtle (*Bassariscus astutus*), que es nocturno y muy ágil.

Aves

Las aves son uno de los grupos más diversos y visibles. Entre ellas, el Águila Real (*Aquila chrysaetos*) se destaca por su majestuosidad en las montañas, mientras que en las zonas costeras se pueden observar el Pelícano Pardo (*Pelecanus occidentalis*) y la Gaviota Patiamarilla (*Larus livens*).

[23] Álvarez-Castañeda, S. T., & Patton, J. L. (2000). Diversidad y endemismo de los mamíferos de Baja California Sur. Revista Mexicana de Mastozoología, 4(1), 47–60.
[24] Hall, E. R. (1981). *The mammals of North America* (2nd ed., Vols. I & II). John Wiley & Sons.
[25] Nelson, E. W. (1922). *Lower California and its natural resources*. U.S. Department of Agriculture, Bureau of Biological Survey
[26] Álvarez-Castañeda, S. T., & Patton, J. L. (1999). *Mamíferos del noroeste de México*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Reptiles

La península de Baja California es hogar de una impresionante variedad de reptiles. La Iguana de Cola Espinosa (*Ctenosaura hemilopha*) se encuentra en zonas áridas. la Lagartija de Isla San Esteban (*Urosaurus auriculatus*) es endémica y ha desarrollado características únicas para la vida en islas.

Especies marinas

El Mar de Cortés es conocido como "el acuario del mundo" debido a su vasta biodiversidad marina. Aquí, especies como el Tiburón Ballena (*Rhincodon typus*), la Ballena Gris (*Eschrichtius robustus*) y diversas especies de delfines y tortugas marinas encuentran un refugio ideal. Estas aguas son ricas en peces y otros organismos marinos, lo que las hace cruciales para la pesca y el ecoturismo.

El Estado de Baja California Sur ocupa el puesto 21 entre los 32 estados a nivel nacional en cuanto a biodiversidad de fauna silvestre. El inventario de fauna silvestre de la entidad es alrededor de 2,159 especies: 1,250 especies de invertebrados y 909 especies de vertebrados (100 especies de mamíferos, 415 de aves, 4 de anfibios, 84 reptiles y 306 de peces).

Caracterización de fauna

El área de estudio es una pequeña península rocosa con muchos lomeríos y pendientes pronunciadas rodeada en tres de sus flancos por el mar, es una zona muy seca con vegetación xerófila por lo cual no puede sostener una gran cantidad de fauna terrestre sobre todo de mamíferos mayores; ya que cuenta con una disponibilidad baja de recursos, otro aspecto importante a destacar es que de manera natural no cuenta con fuentes de agua dulce permanentes. Todos estos elementos hacen que la fauna silvestre presente en la zona no sea muy abundante. Adicionalmente a lo anteriormente señalado, la carretera que va hacia balandra divide el terreno mencionado de la porción continental, limitando el movimiento de la fauna, sobre todo los vertebrados pequeños.

Para conocer la composición faunística del predio se utilizaron los puntos de muestreo definidos para la composición florística, en donde se realizó un muestreo dirigido delimitando cuarenta puntos de forma circular distribuidos de manera homogénea en el predio; utilizando las técnicas de observación directa, identificación de huellas y rastros, estaciones olfativas, así como la instalación de cámaras trampa.

La **observación directa** es uno de los métodos más antiguos y a la vez efectivos para el monitoreo de la fauna. Este enfoque implica la vigilancia en el hábitat natural de las especies para registrar su comportamiento, distribución y dinamicidad poblacional. La observación directa también puede llevarse a cabo de manera sistemática, utilizando protocolos de muestreo. Esto implica realizar visitas periódicas a los mismos puntos críticos y en diferentes condiciones ambientales. Por lo que se realizaron recorridos diurnos y nocturnos.

La **identificación de huellas y rastros** es una técnica tradicional utilizada en el monitoreo de mamíferos. Consiste en la búsqueda y registro de huellas, excrementos, madrigueras y otros signos dejados por los mamíferos en su hábitat. Estos rastros proporcionan información sobre la presencia de las especies.

Las **cámaras trampa** han revolucionado la forma en que monitorizamos la fauna. Estos dispositivos, que se activan automáticamente ante la detección de movimiento, permiten capturar imágenes y videos de animales en su hábitat natural sin necesidad de la presencia humana. Este enfoque ha demostrado ser extremadamente valioso en la investigación de especies difíciles de observar directamente, ya que minimiza el impacto humano y ofrece registros de comportamiento en tiempo real, brindando una visión sin precedentes del secreto mundo animal.

Estaciones olfativas se basa en el uso de atrayentes olorosos que permiten que los animales se acerquen a las estaciones de registro de huellas. Se instala un número definido de estaciones dispuestas a distancia constante a lo largo de líneas o transectos. Cada estación estuvo formada por una superficie circular de tierra tamizada de un metro de diámetro, con el atrayente ubicado en su centro.

Al utilizar como guía los sitios de muestreo de flora y con las técnicas antes mencionadas, al ir encontrando evidencia de la fauna se fueron georreferenciando los sitios, los cuales se muestran en el siguiente mapa.

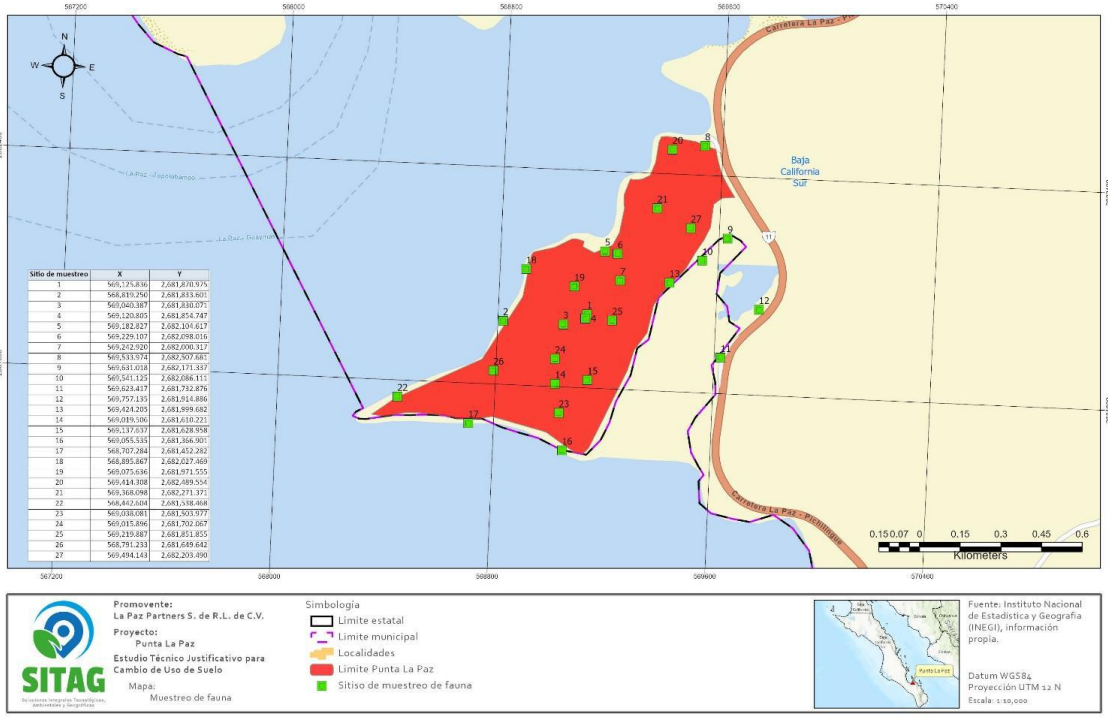
El siguiente cuadro muestra las coordenadas de los sitios de muestreo de fauna y donde se encontraron evidencias de fauna, Zona 12N UTM, DATUM WGS 84.

Figura 4.86. Puntos de muestreo de fauna en el predio.

Sitio de muestreo	X	Y
1	569,125.836	2,681,870.975
2	568,819.250	2,681,833.601
3	569,040.387	2,681,830.071
4	569,120.805	2,681,854.747
5	569,182.827	2,682,104.617
6	569,229.107	2,682,098.016
7	569,242.920	2,682,000.317
8	569,533.974	2,682,507.681
9	569,631.018	2,682,171.337
10	569,541.125	2,682,086.111
11	569,623.417	2,681,732.876
12	569,757.135	2,681,914.886
13	569,424.205	2,681,999.682
14	569,019.506	2,681,610.221

Sitio de muestreo	X	Y
15	569,137.637	2,681,628.958
16	569,055.535	2,681,366.901
17	568,707.284	2,681,452.282
18	568,895.867	2,682,027.469
19	569,075.636	2,681,971.555
20	569,414.308	2,682,489.554
21	569,368.098	2,682,271.371
22	568,442.604	2,681,538.468
23	569,038.081	2,681,503.977
24	569,015.896	2,681,702.067
25	569,219.887	2,681,851.855
26	568,791.233	2,681,649.642
27	569,494.143	2,682,203.490

Figura 4.87. Sitios de muestreo e identificación de fauna.



Sitio de muestreo	X	Y
1	569,175.836	2,681,870.975
2	568,819.250	2,681,833.601
3	569,040.387	2,681,830.071
4	569,120.805	2,681,854.747
5	569,182.827	2,682,104.617
6	569,229.107	2,682,098.016
7	569,242.920	2,682,000.317
8	569,533.974	2,682,507.681
9	569,631.018	2,682,171.337
10	569,541.125	2,682,086.113
11	569,623.417	2,681,732.876
12	569,757.135	2,681,914.886
13	569,424.205	2,681,999.682
14	569,019.506	2,681,619.221
15	569,137.637	2,681,628.958
16	569,055.535	2,681,366.901
17	568,707.284	2,681,452.282
18	568,895.867	2,682,027.469
19	569,075.636	2,681,971.555
20	569,414.308	2,682,489.554
21	569,368.098	2,682,271.371
22	568,442.604	2,681,538.468
23	569,038.081	2,681,503.977
24	569,015.896	2,681,702.067
25	569,219.887	2,681,851.855
26	568,791.233	2,681,649.642
27	569,494.143	2,682,203.490

Fuente: (Caracterización de Flora y Fauna, 2025).

De manera natural pueden encontrarse pequeños vertebrados como lagomorfos y roedores, zorras grises, algunos reptiles como lagartijas y víboras, así como aves presentes en tierra firme y marinas. Es de esperarse encontrar principalmente vertebrados terrestres de talla pequeña a mediana por las características arriba señaladas.

Sin embargo, debido a la actividad antropogénica presente en el sitio desde hace algunos años en el que se construyó una estructura tipo palapa de concreto, así como algunas otras pequeñas estructuras permanentes en la zona de la playa el tesoro donde se introdujeron depósitos de agua dulce para uso doméstico, en los cuales se habilitaron pequeños reservorios de agua como bebederos para la fauna; lo que llevó a que especies de mayor tamaño y en mayor número se hicieran presentes en el sitio.

De esta manera, y como resultado de los monitoreos de fauna realizados en el predio, se instalaron cámaras trampa y se pudo registrar la presencia de fauna mayor en particular venados, de los cuales, al menos una se determinó que era hembra y contaba con una cría, así como al menos un par de zorras grises, los cuales quizás aprovechan la fuente de agua dulce del sitio para realizar sus actividades de manera permanente. También se registró la presencia de reptiles pequeños como lagartijas cola de látigo, roedores como los “juancitos”, pequeñas aves como los gorriones, colibríes y una gran cantidad de aves marinas como gaviotas, petreles, pelícanos, etc.

A continuación, se presenta el listado de fauna registrada en los recorridos realizados en el área de estudio.

Tabla 4.21. Registro de fauna en el predio del protyecto.

Nombre común	Nombre científico	Categoría de riesgo NOM-059
Mamíferos		
Coyote	*Canis latrans*	
Juancito	*Ammospermophilus leucurus*	
Liebre	*Lepus californicus*	
Venado bura	*Odocoileus hemionus*	
Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	
Ornitofauna		
Aguililla cola roja	*Buteo jamaicensis*	
Aguila pesacdora	*Pandion haliaetus*	
Gaviota plateada	*Larus argentatus*	
Calandria	*Icterus parisorum*	
Caracara quebrantahuesos	*Caracara cheriway*	
Cardenal	*Cardinalis cardinalis*	
Bolsero calandria	*Icterus bullockii*	
Chorlo pico grueso	*Charadrius wilsonia*	
Colibrí cabeza violeta	*Calypte costae*	
Cuervo común	*Corvus corax*	
Garza blanca	*Ardea alba*	
Gorrión chapulín	*Ammodramus savannarum*	
Carpintero del desierto	*Melanerpes uropygialis*	
Tórtola coquita	*Columbina passerina*	
Garza Nocturna Corona Clara	*Nyctanassa violacea*	
Rabiahorcado magnifico	*Fregata magnificens*	**Amenazada**
Garceta tricolor	*Egretta tricolor*	
Garceta nivea	*Egretta thula*	
Garza ceniza	*Ardea herodias*	
Paloma	*Zenaida asiatica*	
Zopilote	*Cathartes aura*	
Zacatonero garganta negra	*Amphispiza bilineata*	
Herpetofauna		
Víbora chirrionera	*Masticophis flagellum fulginosus*	
Huico	*Aspidoscelis hyperythra*	
Lagartija cola de látigo	*Aspidoscelis tigris*	

Figura 4.88. *Cathartes aura.*

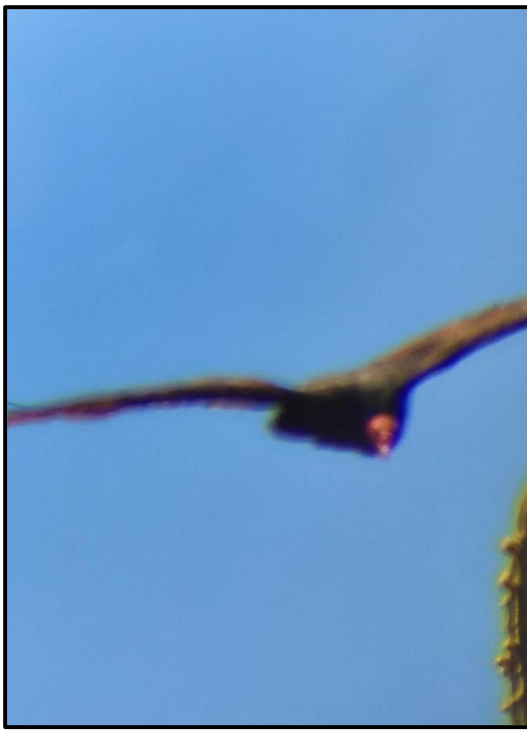


Figura 4.89. *Ammospermophilus leucurus*.



Figura 4.90. *Pandion haliaetus*

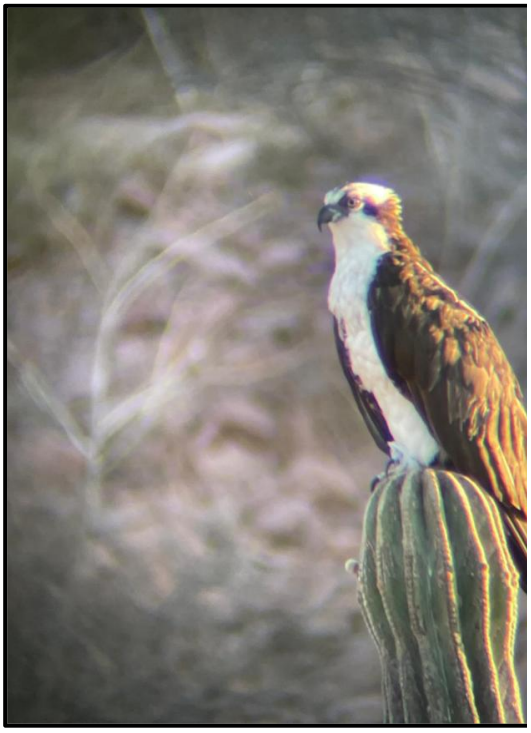


Figura 4.91. *Urocyon cinereoargenteus*.



Figura 4.92. Huellas de Zorra.



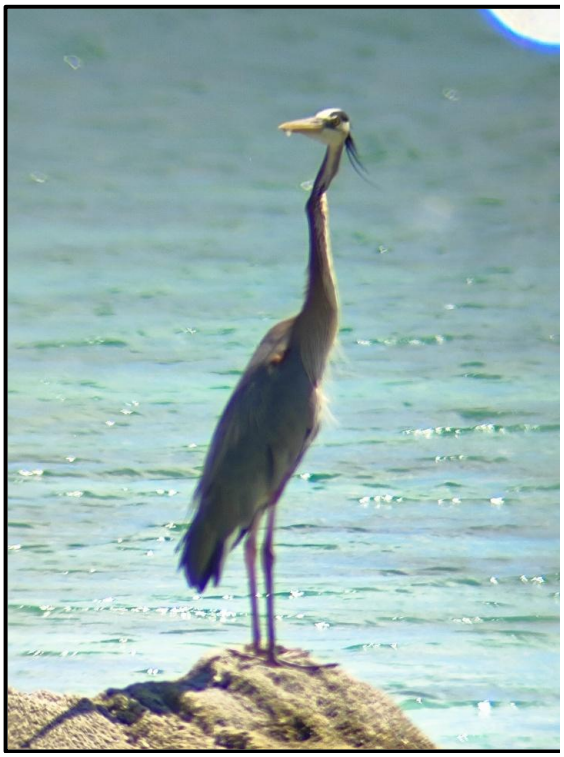
Figura 4.93. Excretas de venado.



Figura 4.94. Huellas de venado



Figura 4.95. *Ardea herodias*.



4.3.2.2.1. Especies marinas relevantes en la Bahía y la Ensenada de La Paz

Este tema fue abordado en el Estudio Ecológico Especial denominado **Caracterización Ambiental Marina**: Godinez Orta L. (Caracterización ambiental marina); Prado Ancona J.D. (Flora y fauna marina); Martínez Flores G. (Transporte litoral y evolución de la línea de costa); Prieto Mendoza J.J. (Estudio geohidrológico); y Gutiérrez de Velasco S.G. (Propiedades físicas del agua y circulación); el cual se incluye en el **Anexo 4.3** , elaborado en 2003 por el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN) La Paz, B.C.S. y el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, Unidad La Paz (CICESE-La Paz); en el marco del procedimiento de evaluación de impacto ambiental para un proyecto de aprovechamiento turístico ya autorizado por la SEMARNAT en la Península El Mogote.

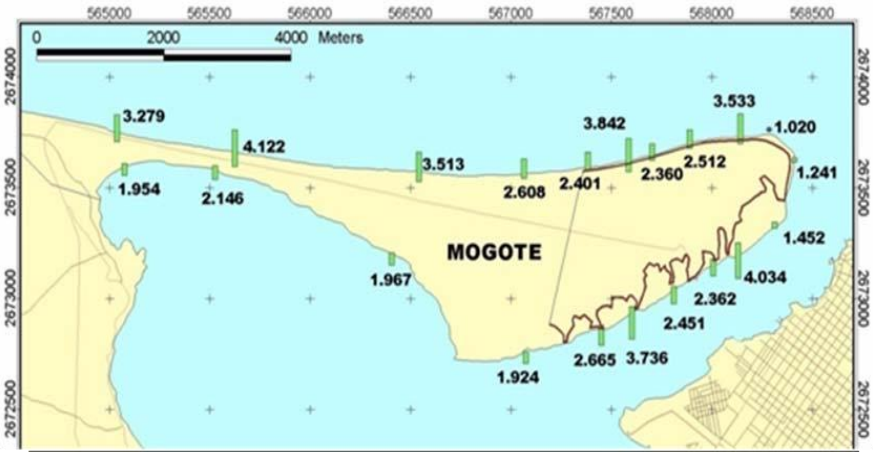
Conforme los estudios realizados se consideraron como las más relevantes para la región, las siguientes especies marinas:

- Peces de talla pequeña: Hippocampus ingens; Holacanthus passer, Pomacanthus zonipectus.
- Peces de talla mayor: Rhincodon typus (Tiburón Ballena) Mamíferos (Delfín): Tursiops truncatus (Tursión).

De acuerdo con los resultados del estudio referido:

La mayoría de los índices de diversidad marina más altos, están registrados en el litoral norte de la Península El Mogote colindante con la Bahía de La Paz Figura 4.55 y la distribución con marco geográfico de las especies consideradas como las más relevantes, es la que se presenta en las secciones subsecuentes.

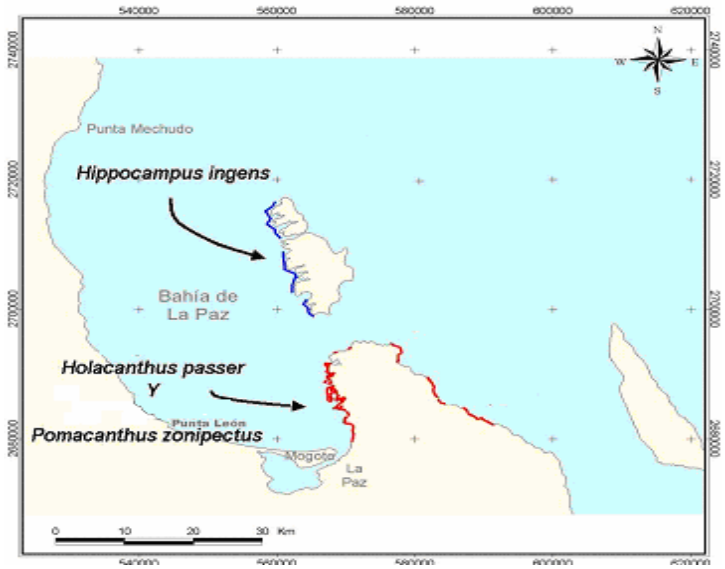
Figura 4.96. Índices de diversidad registrados en los litorales de la Península El Mogote.



Peces de talla menor

Hippocampus ingens se desarrolla en los litorales de la Isla Espíritu Santo; mientras que *Holacanthus passer* y *Pomacanthus zonipectus* lo hacen en los litorales de la Bahía de La Paz localizados al norte de la Península El Mogote y fuera de la Ensenada de La Paz (Figura 4.97).

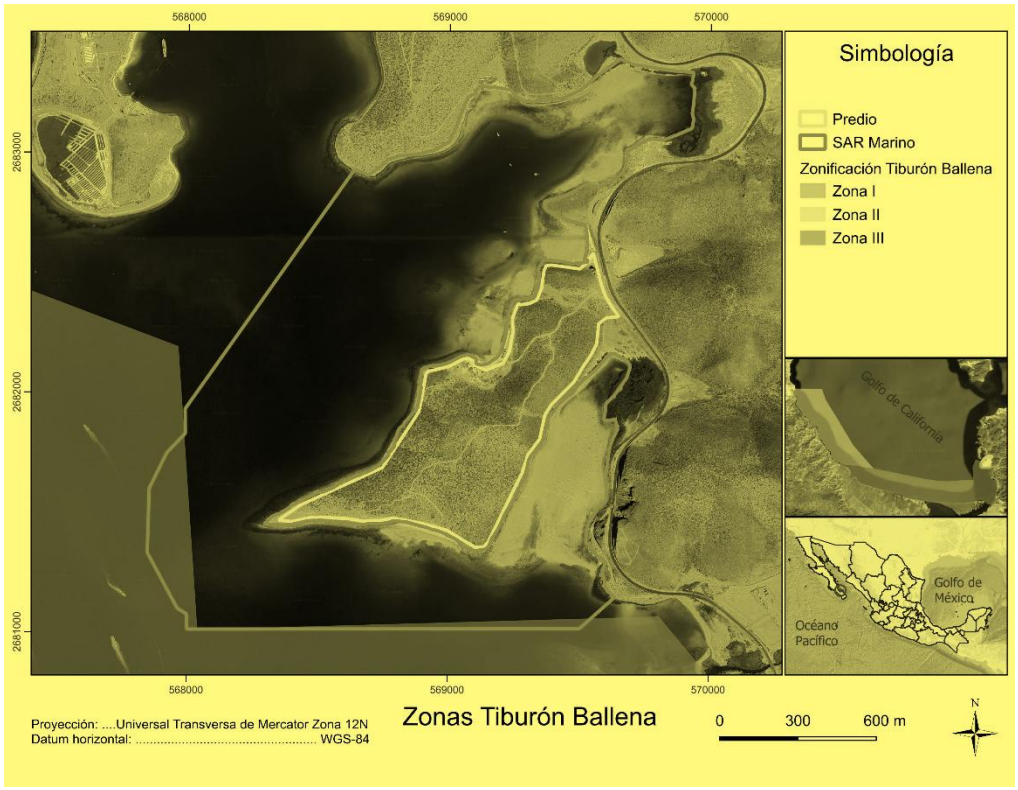
Figura 4.97. Distribución de *Hippocampus ingens, Holacanthus passer y Pomacanthus zonipectus* en la Bahía de La Paz.



Tiburón ballena

Rhincodon typus (tiburón ballena) se distribuye principalmente en la Bahía de La Paz y fuera de las zonas próximas al litoral norte de la península El Mogote (Figura 4.98).

Figura 4.98. Distribución *de Rhincodon typus* (Tiburón Ballena) en la Bahía de La Paz.



Con respecto al Tiburón Ballena *(Rhincodon typus)* existen el siguiente elemento de información que es importante referir: entre las Condicionantes de un proyecto turístico hotelero residencial ya autorizado por la SEMARNAT en la península El Mogote, está el monitoreo sistemático del tiburón ballena, el cual se está realizando por parte del CICIMAR-IPN de La Paz y en el informe más reciente (Anexo 4.4) señala lo siguiente:

Avistamientos Tiburón Ballena

Con respecto al tiburón ballena Rhincodon typus, se tuvieron 2 avistamientos en el mes de octubre, 9 en el mes de noviembre y 3 en el mes de diciembre. La longitud estimada de 13 tiburones estuvo entre los 3 a los 9 m, de estos 9 tiburones tuvieron una talla aproximada menor a los 6 m, lo cual nos permite reconocerlos como juveniles (*Tabla IV.2*).

Tabla IV.2. Características de los individuos de tiburón ballena *Rhincodon typus*, avistados durante el periodo de octubre a diciembre del 2007, en las inmediaciones del proyecto Paraíso del Mar.

Fecha	Hora	Profundidad (m)	Longitud aproximada (m)	Observaciones
25/10/07	12:30	4.5	1) 4.0	Trae dos curricanes en la parte dorsal
26/10/07	11:40	6.5	2) 4.0	El mismo del día anterior
21/11/07	12:30	9.0	3) 6.0 4) 4.0 5) 4.0 6) 3.0	Asociados a enjambres de zooplancton
	14:30	9.0	7) 8.0 8) 6.0	Asociados a cardúmenes
22/11/07	13:19	10	9) 9.0 10) 4.0	El más grande, succionando casi en posición vertical
	14:22	10	11) 4.5	Navegando
4/12/07	11:04	4.8	12) 4.0	Aparentemente comiendo
	12:21	3.5	13) 4.0	Con rémora albina en el pedúnculo dorsal
	12:27	3.5	14) 6.0	Se encontró navegando a una velocidad de 2.5 a 3 nudos

En la Figura IV.3, se observa la localización geográfica de los avistamientos realizados en este periodo, en donde se destaca que la mayor frecuencia de avistamientos se registró cerca hacia a la parte más angosta del Mogote.

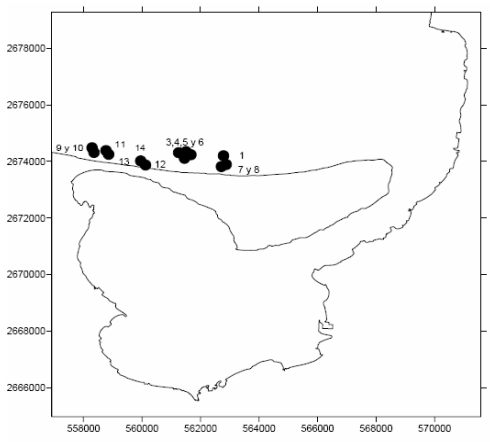


Figura IV.3. Localización geográfica de los avistamientos del tiburón ballena, registrados en el periodo octubre-diciembre de 2007 en las inmediaciones del proyecto Paraíso del Mar. Monitoreo octubre, 1; Monitoreo Noviembre 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10 y 11; Monitoreo Diciembre 12, 13 y 14.

Las actividades que desarrollaron estos individuos en La Bahía de La Paz, fueron muy diversas. En el mes de octubre, las observaciones hechas correspondieron al mismo ejemplar, esto se reconoció por las dos curricanes clavados en la región dorsal, en una ocasión se le encontró navegando y al siguiente día se observó realizando alimentación horizontal (tipo ram).

Además, en esta época se inicia la actividad de los prestadores de servicio que se dedican al avistamiento de esta especie y de acuerdo a lo que se observa en la Fig. IV.5 del Anexo 4.4, realizan un asedio sobre los individuos de esta especie. En el mes de noviembre fue cuando se tuvo la mayor actividad, la mayoría de las veces se les encontró asociados a cardúmenes de peces e inclusive se encontró un individuo casi en posición vertical alimentándose del plancton, por succión.

Discusión

Con respecto a la temporada del tiburón ballena Rhincodon typus, el haber registrado 14 avistamientos, nos habla de un año con una gran presencia, durante el cual observamos a los individuos desplegando un diverso número de actividades, desde los dos tipos de alimentación (tipo ram y por succión) hasta simplemente navegando. La gran presencia de juveniles en esta temporada, corrobora lo descrito por Ramírez-Macías et al. (2007) que menciona tanto a la Bahía de La Paz como a la Bahía de Los Ángeles como zonas de alimentación de juveniles.

Con respecto a las medidas de manejo que se tendrán que establecer para conservar la presencia de esta especie en las inmediaciones del proyecto Marina Paraíso del Mar, además de tener cuidado con el tráfico de embarcaciones, también se tendrá que establecer un código de conducta para realizar el avistamiento por parte de los eco turistas, ya que la presión que ejerce este tipo de prestadores de servicio puede ser equivalente a la que se ejercerá por el aumento del tráfico de embarcaciones que habrá una vez que se inicie la operación de la marina.

4.3.3. Aspectos socioeconómicos

Con el fin de presentar de manera integral el proyecto para su mejor evaluación, además de la información sobre los factores bióticos y abióticos se presentan los socioeconómicos relativos a la región, siendo este último el componente del que depende la cantidad, diversidad y calidad de los recursos presentes en una región determinada.

4.3.3.1. Localización regional

El municipio de La Paz se ubica en la parte centro del Estado, está compuesto por 7 micro regiones: 1) Este de Todos Santos, 2) Golfo Sur La Paz, 3) La Paz Conurbada, 4) Los Dolores, 5) Pacífico Central La Paz 6) Pacífico Sur, y 7) Sureste de La Paz.

El municipio de La Paz colinda al norte con el municipio de Comondú y el Golfo de California; al este con el Golfo de California y el municipio de Los Cabos; al sur con el municipio de Los Cabos y el Océano Pacifico; al oeste con el Océano Pacifico y el municipio de Comondú. Se localiza entre los paralelos 23° 06’ y 25° 07’ de latitud norte; los meridianos 109° 41’ y 111° 50’ de longitud oeste. En cuanto a extensión territorial posee el 20.76% del total estatal, en un rango de altitud que oscila entre 0 y 2,000 metros. En él se ubica la capital del estado, conservando presencia importante de estructuras del Gobierno Estatal y Federal (INEGI, 2009; INAFED, 2021).

Figura 4.99. Representación cartográfica de la localización del municipio de La Paz.



Fuente: (Plan Municipal de Desarrollo, 2021 – 2024).

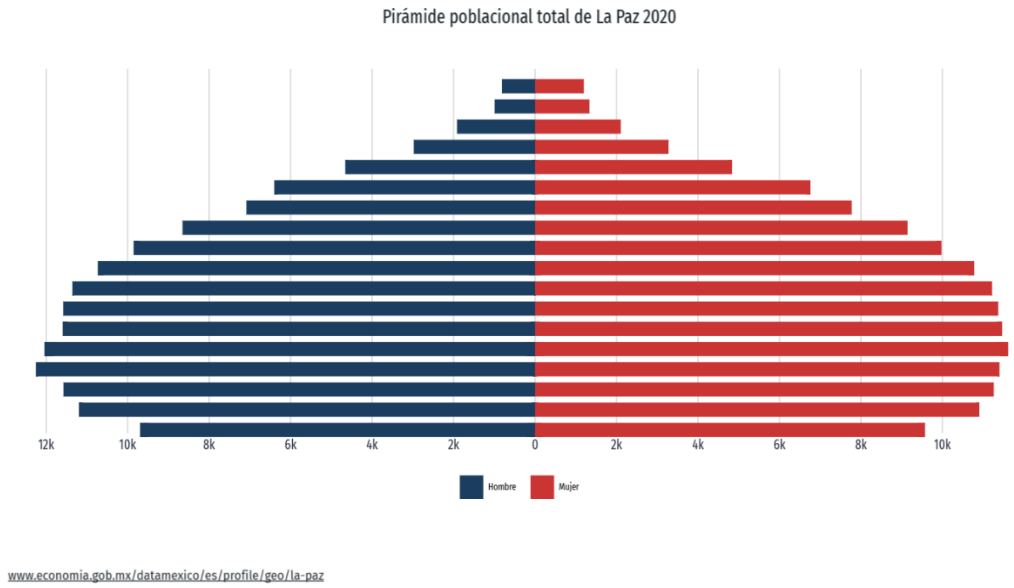
4.3.3.2. Población

La población en este municipio está desigualmente distribuida, ya que el 85.6% de la misma se asienta en la cabecera municipal y capital del estado. El resto de las localidades, a excepción de Todos Santos y El Centenario, no sobrepasan los 5 mil habitantes.

De acuerdo con los resultados del anuario estadístico y geográfico la población total de La Paz en 2020 fue 292,241 habitantes, siendo 50.1% mujeres y 49.9% hombres.

Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 20 a 24 años (23,652 habitantes), 15 a 19 años (23,651 habitantes) y 25 a 29 años (23,059 habitantes). Entre ellos concentraron el 24.1% de la población total.

Figura 4.100. Pirámide poblacional en el municipio de La Paz.

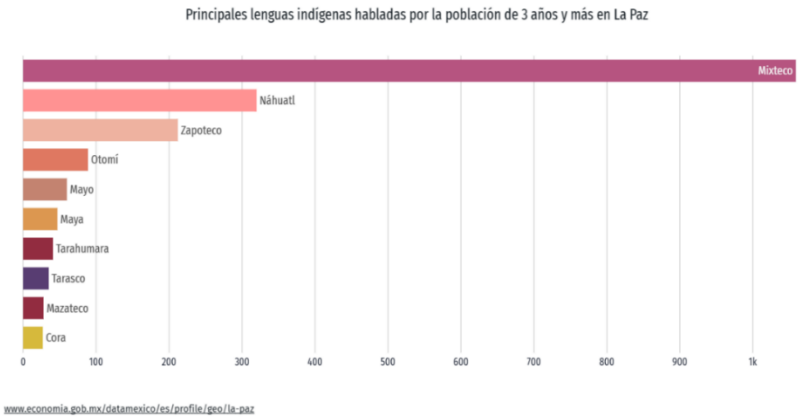


Fuente: (Data México, La Paz, 2020) con datos de INEGI.

4.2.2.3. Población que habla alguna lengua indígena

La Figura 4.101 muestra las 10 principales lenguas indígenas habladas por la población de La Paz. La población de 3 años y más que habla al menos una lengua indígena fue 2.1k personas, lo que corresponde a 0.72% del total de la población de La Paz. Las lenguas indígenas más habladas fueron Mixteco (1,059 habitantes), Náhuatl (320 habitantes) y Zapoteco (212 habitantes).

Figura 4.101. Principales lenguas indígenas habladas en La Paz.



Fuente: (Data México, La Paz, 2020) con datos de INEGI.

4.2.2.4. Inmigración extranjera

La mayor cantidad de migrantes que ingresó a La Paz en los últimos 5 años provino de Estados Unidos (1.17k personas), Cuba (140 personas) y Chile (107 personas).

Las principales causas de migración a La Paz en los últimos años fueron vivienda (633 personas), familiares (625 personas) y educativas (193 personas).

Figura 4.102. Principales causas de inmigración a La Paz.

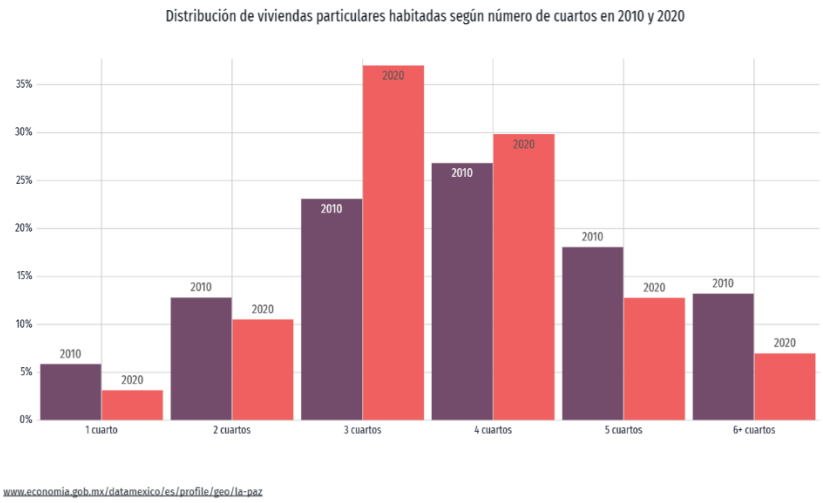


Fuente: (Data México, La Paz, 2020) con datos de INEGI.

4.2.2.5. Vivienda y urbanización

Se estima un total de 91,287 viviendas particulares habitadas en 2020, a nivel municipal el promedio de ocupantes por vivienda es de 3.2 personas, similar al predio estatal. El promedio de cuartos por vivienda es 4.0, ligeramente superior a la media estatal (3.8). En el mismo periodo, destacan de las viviendas particulares habitadas con 2 y 3 dormitorios, 51.3% y 22.7%, respectivamente.

Figura 4.103. Distribución de viviendas particulares 2010-2020.

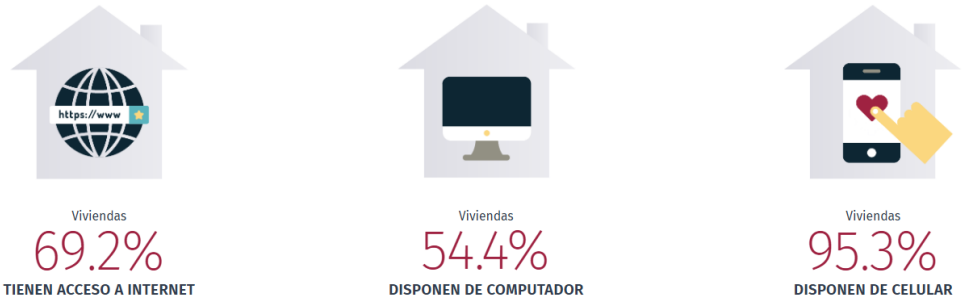


Fuente: (Data México, La Paz, 2020) con datos de INEGI.

En relación a la tenencia, la mayor parte de las casas son ocupadas por sus propios dueños. Del total de las viviendas particulares habitadas, el 73% son propias. La proporción de casas alquiladas representan el 14.9%, y las prestadas el 10.8%. El resto corresponde a otra situación (0.8%).

En relación a los servicios de conectividad, del total de viviendas 95.3% disponen de celular, 69.2% tienen acceso a internet y 54.4% disponen d computador.

Figura 4.104 Servicios y conectividad en la vivienda.



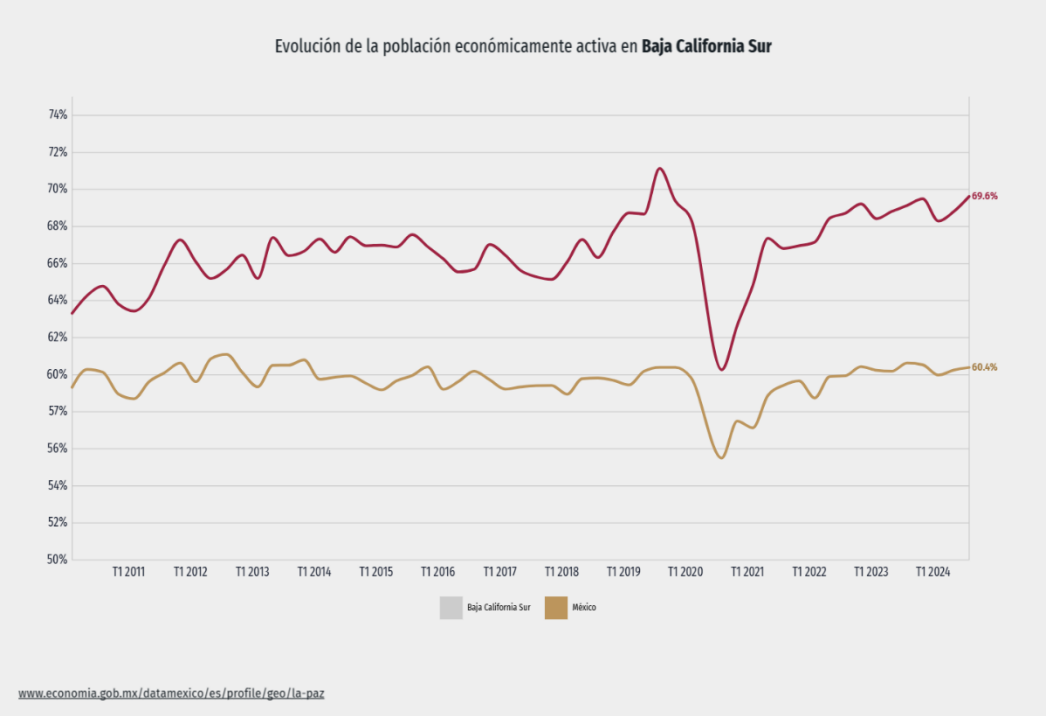
Fuente: (Data México, La Paz, 2020) con datos de INEGI.

4.2.2.6. Población Económicamente Activa (PEA)

En el tercer trimestre de 2024, la tasa de participación laboral en Baja California Sur fue 69.6%, lo que implicó un aumento de 0.83 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior (68.8%).

La tasa de desocupación fue de 2.52% (12.1k personas), lo que implicó un aumento de 0.11 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior (2.41%)

Figura 4.105. Evolución de la población económicamente activa.



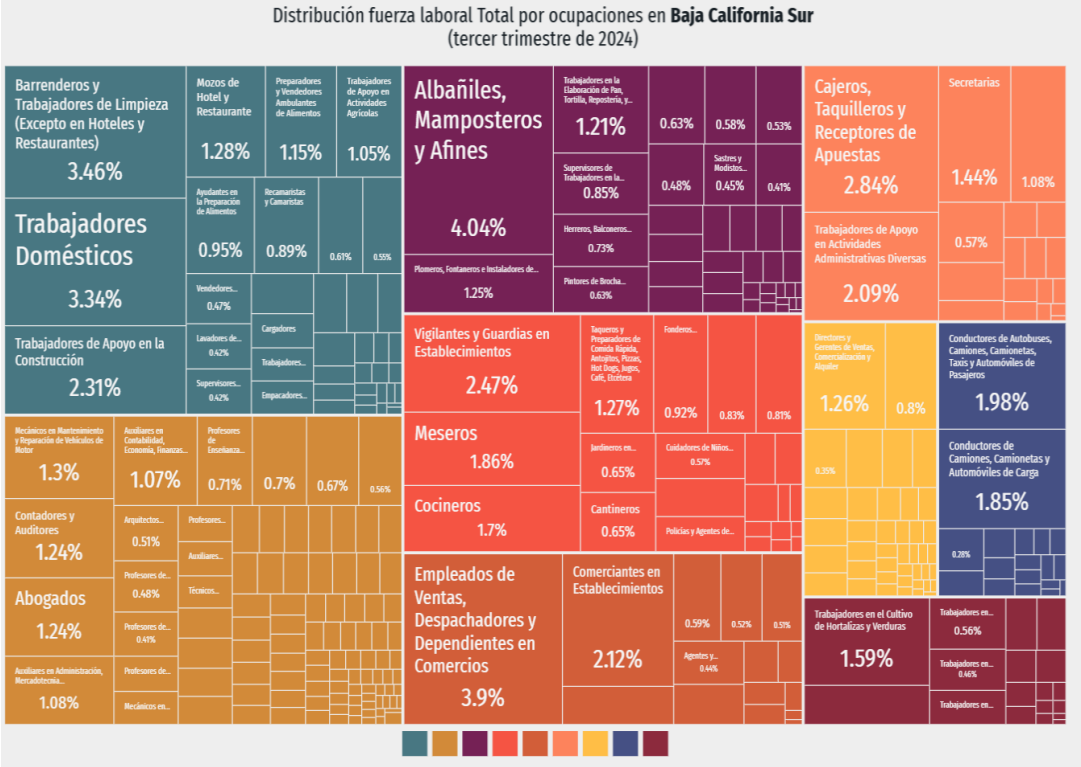
Fuente: (Data México, La Paz, 2020) con datos de INEGI.

La población ocupada en Baja California Sur en el tercer trimestre de 2024 fue 469k personas, siendo superior en 2.8% al trimestre anterior (456k ocupados).

El salario promedio mensual en el tercer trimestre de 2024 fue de $12k MX siendo superior en $625 MX respecto al trimestre anterior ($11.4k MX).

Las ocupaciones con más trabajadores durante el tercer trimestre de 2024 fueron Albañiles, Mamposteros y Afines (18.8k), Empleados de Ventas, Despachadores y Dependientes en Comercios (18.1k) y Barrenderos y Trabajadores de Limpieza (Excepto en Hoteles y Restaurantes) (16.1k).

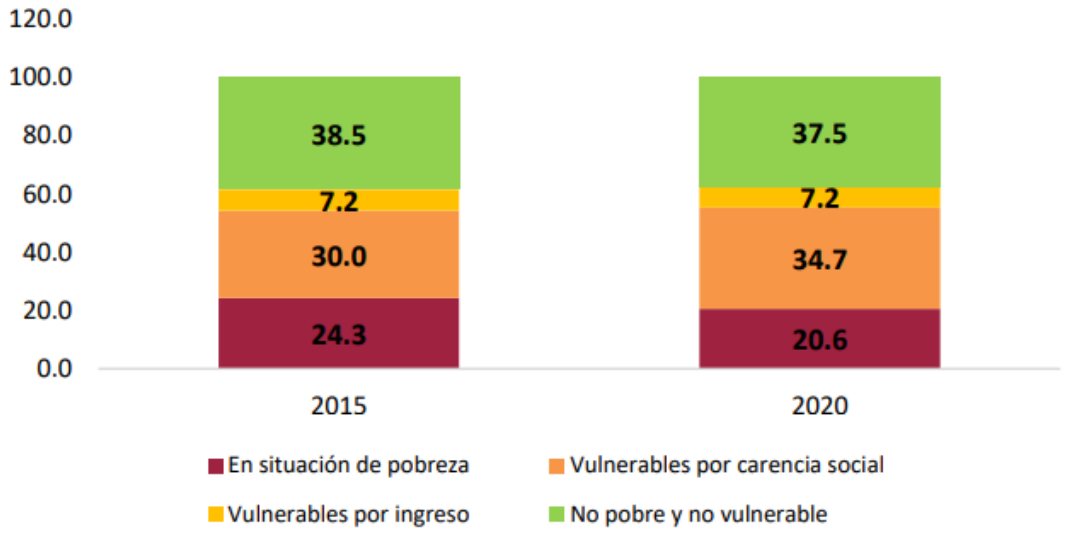
Figura 4.106. Distribución fuerza laboral Total por ocupaciones.



Fuente: (Data México, La Paz, 2020) con datos de INEGI.

La Paz fue el municipio de menor proporción de su población bajo la condición de pobreza (20.6%) así como de pobreza extrema (1.9%), de acuerdo a la medición 2020. En el primer caso, mejoró respecto del indicador de 2015.

Figura 4.107. Población en situación de pobreza y vulnerabilidad en el municipio de La Paz, 2015 y 2020 (%).



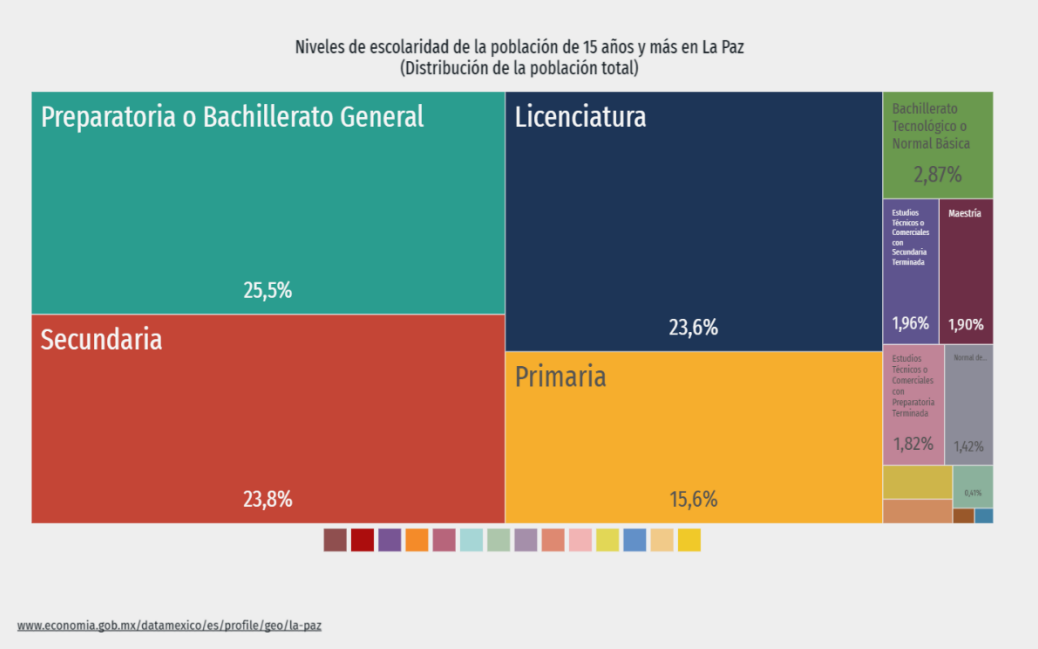
4.2.2.7. Educación

Respecto a infraestructura educativa, el municipio cuenta con instalaciones de todos los niveles educativos, principalmente en la ciudad capital. El número total de alumnos al ciclo 2021-2022 fue de 84,290. Durante el mismo ciclo el número de maestros, planteles y aulas fueron 6,550, 533 y 3,410, respectivamente.

En 2020, los principales grados académicos de la población de La Paz fueron Preparatoria o Bachillerato General (56.1k personas o 25.5% del total), Secundaria (52.5k personas o 23.8% del total) y Licenciatura (52k personas o 23.6% del total).

La gráfica muestra la distribución porcentual de la población de 15 años y más en La Paz según el grado académico aprobado.

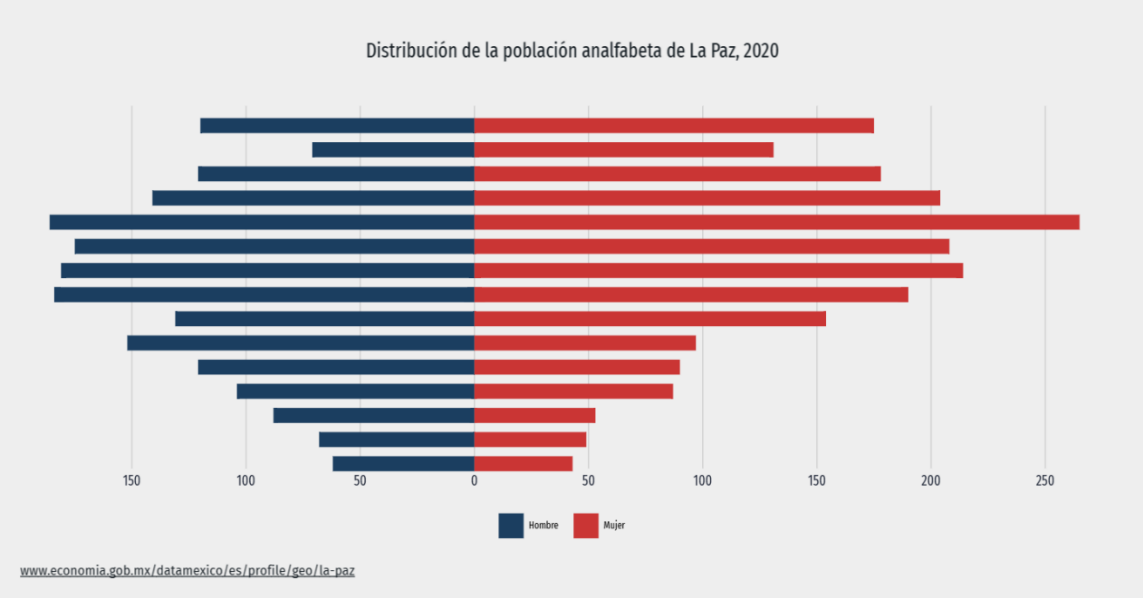
Figura 4.108.Niveles de escolaridad en La Paz.



Fuente: (Data México, La Paz, 2020) con datos de INEGI.

La tasa de analfabetismo de La Paz en 2020 fue 1.77%. Del total de población analfabeta, 47.1% correspondió a hombres y 52.9% a mujeres.

Figura 4.109. Distribución de la población analfabeta de La Paz, 2020.



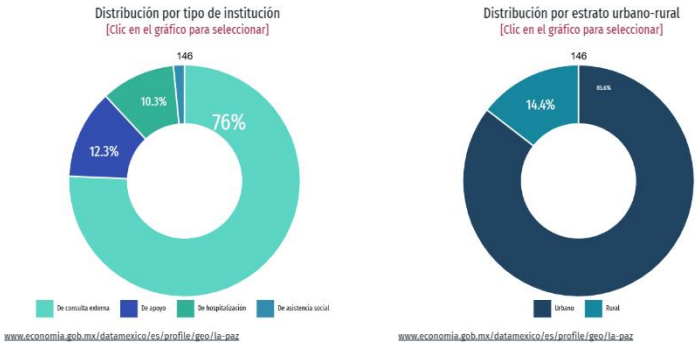
Fuente: (Data México, La Paz, 2020) con datos de INEGI.

4.2.2.8. Salud

En cuestiones de atención médica, la distribución de centros o instituciones de salud se divide en urbana y rural, siendo predominante la presencia de médicos en el área urbana. En La Paz, las opciones de atención de salud más utilizadas en 2020 fueron IMSS (Seguro social) (111k), Centro de Salud u Hospital de la SSA (Seguro Popular) (60.4k) y ISSSTE (52.1k).

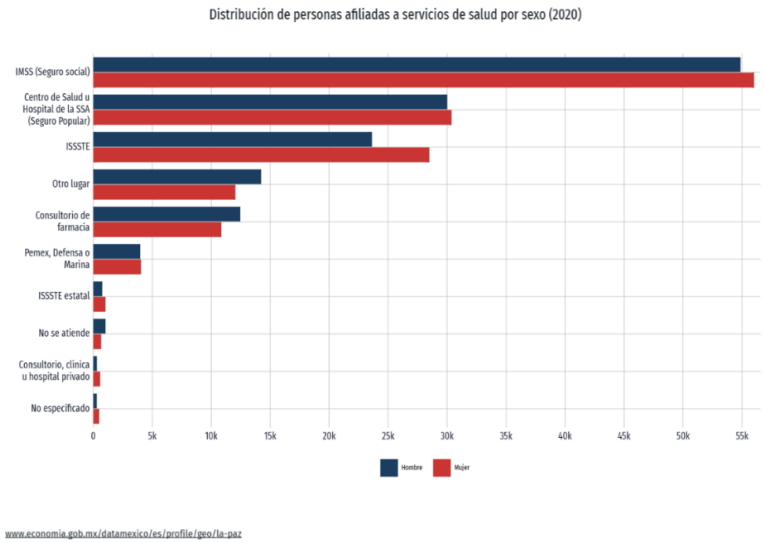
En el mismo año, los seguros sociales que agruparon mayor número de personas fueron Seguro Popular o para una Nueva Generación (Siglo XXI) (130k) y IMSS (Seguro Social) (55.7k).

Figura 4.110. Establecimiento de salud por institución.



Fuente: (Data México, La Paz, 2020) con datos de INEGI.

Figura 4.111 Opciones y coberturas de salud.



Fuente: (Data México, La Paz, 2020) con datos de INEGI.

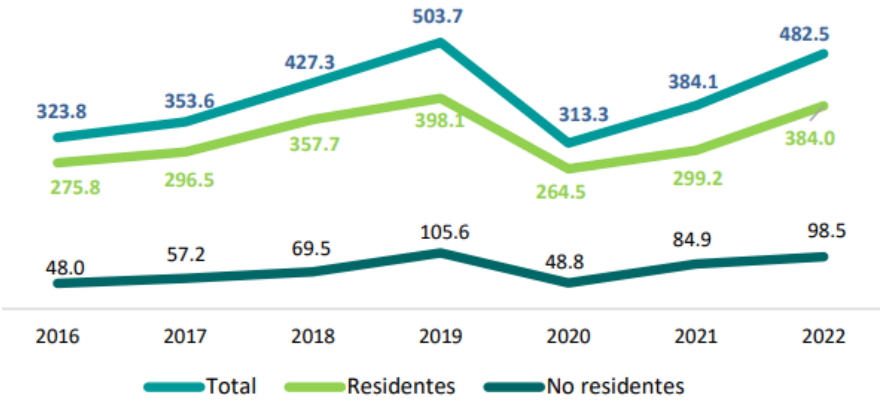
En 2020, las principales discapacidades presentes en la población de La Paz fueron discapacidad física (7.33k personas), discapacidad visual (6.99k personas) y discapacidad para recordar (2.81k personas).

4.2.2.9. Turismo

La Paz muestra una vocación productiva enfocada a la actividad turística. Durante 2022 llegaron a esta capital 539,900 pasajeros por vía aérea, cifra 7.1% mayor a la registrada en 2019.

La afluencia en este municipio es predominantemente nacional. Por ocupación hotelera, los visitantes al cierre de 2022 alcanzaron la cifra de 482 mil 478 visitantes. De los cuales, el 79.7% corresponde a nacionales (residentes).

Figura 4.112. Ocupación de Hoteles y Moteles en la ciudad de La Paz, 2016 - 2022 (miles de turistas)



4.2.2.10. Economía

En noviembre de 2024, las ventas internacionales de *La Paz* fueron US$4.03M y un total de US$3.82M en compras internacionales. Para este mes el balance comercial neto de *La Paz* fue de US$203k.

Las principales exportaciones de La Paz en 2023 fueron Crustáceos; con Cáscara o No, Vivos, Frescos, Refrigerados, Congelados, Secos, Salados o en Salmuera; Ahumado, Cocido o no antes o durante el Ahumado (US$28.7M), Otras Verduras, Frescas o Refrigeradas (US$14.8M) y Tomates Frescos o Refrigerados (US$7.89M).

Los principales destinos de exportaciones en 2023 fueron Estados Unidos (US$57.9M), India (US$785k) y China (US$349k).

En el periodo enero a diciembre de 2024, la IED en Baja California Sur alcanzó los US$1,353M, distribuidos en nuevas inversiones (US$989M), reinversión de utilidades (US$371M) y cuentas entre compañías (-US$6.93M).

Desde enero de 1999 a diciembre de 2024, Baja California Sur acumula un total de US$14,677M en IED, distribuidos en nuevas inversiones (US$11,060M), cuentas entre compañías (US$2,261M) y reinversión de utilidades (US$1,356M).

4.4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

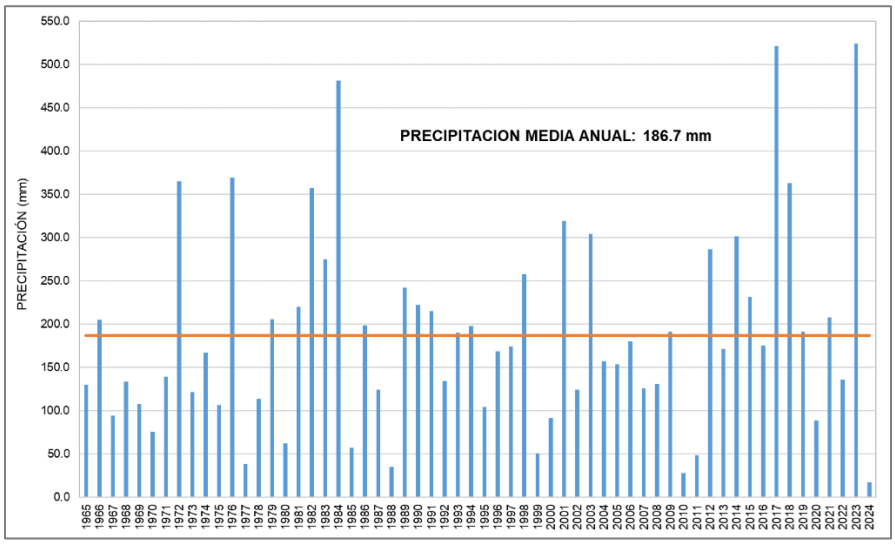
4.4.1. Análisis ambiental del SAR

La caracterización del SAR y del predio del Proyecto a través de análisis objetivos, con fundamento técnico y científico, producto de los estudios y datos presentados en el capítulo 4 de esta MIA-R, permitirá a continuación, hacer un diagnóstico integral identificando los elementos de transformación y la calidad ambiental.

Prospección hidrogeológica y ecohidrológica

Los estudios de línea base hidrológicos realizados determinan las principales características y condiciones actuales de los cuerpos de agua superficial y subterránea en el predio del proyecto Punta La Paz y su entorno, que verifica la condición actual del manglar y humedales previo a la implementación del desarrollo turístico. El proyecto se encuentra en la Región Hidrológica No. 6, Baja California Sureste cuenca hidrológica La Paz. El proyecto Punta La Paz queda ubicado en la cuenca hidrológica El Coyote la cual comprende desde el nacimiento del Arroyo Casas Viejas hasta su desembocadura en el Mar de Cortés, con un área de 274.49 km2, cuenta con un escurrimiento natural por cuenca propia de 3.875 millones de m3 anuales (DOF, 28 diciembre, 2023).

Figura 4.113. Precipitación histórica y media anual periodo (1965-2024).



Fuente: (Estación La Paz B.C.S.-3074 Conagua, 2025).

Como resultado del análisis climatológico se define que en la región existe una tendencia de la temperatura al alza y ha ido aumentando a partir de 1992. Mientras que la precipitación media anual es de 186.7 mm, lo que define la existencia de escurrimientos muy bajos, típicos del clima de la región noreste del país. Sin embargo, muestra igualmente máximas de precipitación extrema con más de 520 mm, que sobrepasan en 2.8 veces a la media determinada para 60 años.

De las microcuencas del interior del predio, dos escurren por el este hacia el oeste en el mismo estero Puerto Gato y otras tres más, por el sur del mismo estero. Al norte del predio, tres de ellas, muestran con su gradiente topográfico que su descarga es hacia la Playa El Tesoro. Al sur franco del predio, dos microcuencas descargan hacia Punta El Tesoro

Escondido. Hacia el oeste del predio descargan seis microcuencas ubicadas desde Punta Colorada hasta Playa Leroke, sus escurrimientos van hacia el Mar de Cortés (Figura 4.114 y Figura 4.115).

Figura 4.114. Microcuencas con sus direcciones de escurrimientos.



Figura 4.115. Escurrimiento interrumpido hacia el estero.



Los resultados muestran que existe escasa Interrelación del medio hidrológico superficial con los manglares, debido principalmente a su temporalidad y la variabilidad climática con amplios periodos de sequías prolongadas. La microcuenca Este es la que mayor escurrimiento aporta hacia el Estero Puerto Gato con 5,219 m^3/año, sin embargo, estos escurrimientos no son afectados por el Proyecto Punta La Paz, ya que no existen obras proyectadas.

El humedal es de tipo costero como biotipo de estructura compleja y delicado equilibrio ecológico. Para obtener la estimación de la erosión actual se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo que consideró los sitios de manglar localizados en el Área de

Protección de Flora y Fauna Balandra, esta es una zona protegida que busca preservar la vida marina y la biodiversidad de la flora y fauna, por lo tanto, se realizó el cálculo de la erosión del suelo en las microcuencas que aportan sus escurrimientos hacia los sitios donde se ubican los manglares.

La erosión potencial indica que si no existe cobertura del suelo (suelo desnudo) y no se tienen prácticas de conservación del suelo y del agua, se pierden entre 2.0 y 30.6 ton/ha por año, lo que significa que anualmente se pierde una lámina de suelo entre de 0.2 y 3.1 mm (considerando que 1 mm de suelo es igual a 10 t/ha de suelo). No obstante, los resultados indican que **el área se encuentra en tiempo para actuar a su favor** por la recuperación del área, ya que **la erosión se categoriza como muy baja** e inferior a la erosión máxima permisible que en algunas regiones de México es de 10 ton/ha año.

El desarrollo sostenible y manejo integrado de un humedal se debe entender que maneja múltiples aspectos en torno al recurso hídrico y atiende en caso necesario su recuperación a manera de convivencia con el proceso de desarrollo urbano. Por tanto, su desarrollo sostenible requiere del agua y de “su territorio”, un espacio que en el caso del área del estero Puerto Gato ha sido invadido y su espacio construido ecológicamente ha sido deteriorado

La cobertura de manglar Estero El Gato en 1973 era de 47,916.84 m^2 y en 2014 fue de 45,429.86 m^2. Esto da una pérdida de vegetación de mangles de 2,017.99 m^2. En noviembre del 2023 se obtuvo una cobertura de 37,498.135 m^2. Tomando el área del 2023 y la del año 1973 en 50 años la perdida de vegetación ha sido de 10,463.705 m^2.

El balance hidrometeorológico reporta que existe un escaso potencial de infiltración al subsuelo, el cual sostiene un sistema de acuíferos de agua dulce de muy bajo rendimiento hidráulico y vulnerable a las sequías prolongadas típicas de la región. El esquema de funcionamiento del Estero Puerto Gato, indica que no se mantiene con el agua superficial (escurrimientos) ya que el volumen de escurrimientos de las cuencas es muy bajo del orden de 6,436 m3 anuales, de los cuales solo se infiltran 1,662 m3 anuales, parte de esta agua infiltrada se acumula en el subálveo del arroyo de la parte este donde se ubica la cuenca más grande. Los volúmenes potenciales de infiltración del orden de 1% de la precipitación total para cada una de ellas, este volumen potencial está por debajo de los típicos de zonas áridas del 3%.

Figura 4.116. Esquema de funcionamiento del Estero Puerto Gato.



La calidad del agua superficial fue evaluada de acuerdo con los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89. Así mismo se consideraron los indicadores de calidad de agua superficial de CONAGUA.

El muestreo de agua superficial se realizó en 9 sitios, ubicados alrededor del proyecto Punta La Paz y en el Estero Puerto Gato. Los parámetros que no cumplen con los criterios ecológicos de calidad del agua, es el Hierro, nitritos, nitratos, fosfatos y SAAM.

De acuerdo con los Indicadores de calidad del agua de CONAGUA, 2 sitios (MLP-2 y MLP-3) no cumplen (contaminada) con la concentración de solidos suspendidos totales. Estos sitios se ubican en la parte noroeste del Estero Puerto Gato.

Prospección hidrogeofísica

La geología del subsuelo del área muestra una columna litológica predominante de rocas de origen volcanosedimentario, en términos generales en el predio se presenta una alternancia de un conglomerado volcánico de débilmente a bien cementado (secuencia volcanoclástica) que se alterna con un aglomerado de fragmentos angulosos e igualmente cementado (brecha volcánica) ambos polimícticos. Debajo de esta unidad el conglomerado se alterna con una toba arenosa litificada, finalmente toda la columna descansa sobre el basamento granítico.

La hidrogeología del área sugiere que existe un flujo subterráneo que circula a través de un sistema de fracturamiento de las rocas existentes, el cual comunicaría con su flujo subterráneo al estero Puerto Gato con la Playa Tesoro, aproximadamente entre la elevación (20 m.b.n.m.). Debajo de esta elevación se aprecian rocas sanas, es decir, que existe cierre de la permeabilidad de las rocas, por ello se asume que esta condición hasta los 20 m de profundidad corresponde con la meteorización por planos de debilidad de las rocas. Mientras que de igual manera permite observar que permite la entrada de agua como intrusión marina en Punta Colorada.

La geofísica, igualmente determinó que existe un sistema de fracturamiento en las rocas del predio que es de mayor impacto por sus dimensiones, este se aprecia a la elevación resistiva (80 m.b.n.m.), está representado por una serie de estructuras y/o alineamientos regionales inferidos en el subsuelo. Estos sistemas de alineamientos estructurales cuentan con orientación preferencial NW-SE, las cuales se ven afectadas por estructuras más jóvenes cuasi perpendiculares de orientación NE-SW y que por debajo de 80 m de profundidad aleatoriamente son las que podrían influir en una mejor condición de permeabilidad en las unidades rocosas del subsuelo.

4.4.1.1. Condición del SAR

El estudio de línea base hidrológico, determinó las principales características y condiciones actuales de los cuerpos de agua superficial y subterránea en el predio del proyecto Punta La Paz y su entorno, se verifica la condición actual del manglar y humedales previo a la implementación del desarrollo turístico.

El humedal del estero Puerto Gato es de tipo costero, es un biotipo de estructura compleja y equilibrio ecológico delicado. Este se ha considerado parte del desarrollo urbano y se ha promovido la visita cotidiana al estero Puerto Gato como área de entretenimiento y lamentablemente se aprecia una fuerte afectación descontrolada en el área desecada, ya que hasta esa zona ingresan vehículos que han erosionado y destruido la capacidad de recuperación (resiliencia) del humedal, sus elementos han sido subvalorados y no se reconocen como “espacios críticos” para la sobrevivencia de un ecosistema vulnerable. No

obstante, el área se encuentra **en tiempo para actuar a su favor** por la recuperación del área y su desarrollo sostenible, requiere del agua y de “su territorio”, un espacio que ha sido invadido y ecohidrológicamente ha sido deteriorado.

El análisis de la precipitación regional muestra que se han presentado años muy secos, con menos de 50 mm (1977, 1988, 1999, 2010-2011), pero en **5 de los 6 últimos años se rebasó la media anual del periodo analizado**. **En dos de ellos 2017 y 2023 la precipitación superó en 2.8 veces a la media anual.**

Actualmente, se aprecia que las vialidades y plataformas que dan acceso por el nor-noreste del estero Puerto Gato han limitado el escurrimiento natural de las microcuencas, dentro y fuera del predio. Ahí, el flujo de escurrimiento se aprecia interrumpido, generando un área erosionada y deshidratada al norte del estero. El análisis hidrológico muestra que existe escasa Interrelación del medio hidrológico superficial con los manglares, debido principalmente a su temporalidad y la variabilidad climática con amplios periodos de sequías prolongadas. La microcuenca este es la que mayor escurrimiento aporta hacia el estero Puerto Gato con un escaso flujo de 8,954 m3/año. Por el oeste, el estero Puerto Gato recibe el escurrimiento medio anual de dos vertientes principales, provenientes del predio del proyecto con 533 m3/año y 669 m3/año, estos son independientes y no se interrelacionan con el escurrimiento del este. La vertiente norte del estero aporta 885 m3/año, es el más interrumpido a la fecha por las plataformas de estacionamiento y los caminos de acceso a vehículos.

Tomando las características físicas y químicas del estero, denotan que existe una aportación de agua al humedal que mezcla agua dulce con agua de mar, que se destacan en tres sitios de descarga de flujo subterráneo ahí se observa como respuesta que existe vegetación sana del manglar. Por tanto, el régimen climático asociado a lo anterior permite observar que el caudal ecológico del manglar históricamente mayor del escurrimiento este no es suficiente para mantenerlo con el agua superficial sino del subálveo, el cual se distingue como la fuente principal. Es decir, dados los escasos escurrimientos superficiales que se generan en las microcuencas y que descargan temporalmente al humedal, el **estero Puerto Gato se sostiene principalmente con el agua de mar y el flujo subterráneo aportado por el subálveo de los cauces que desembocan en el estero.**

El balance hidrometeorológico reporta un escaso potencial de infiltración al subsuelo, el cual sostiene un sistema de acuíferos de agua dulce de muy bajo rendimiento hidráulico y vulnerable a las sequías prolongadas típicas de la región. La geofísica definió que existe intrusión marina cuyo frente penetra por Punta Colorada, sin embargo, tomando en cuenta que en los acuíferos administrativos de Conagua no se hace diferencia en el volumen de almacenamiento la calidad del agua, es decir, entre agua dulce y salada, la intrusión de agua de mar existente está incluida en el volumen de agua subterránea del acuífero, lo que prácticamente cancela toda posibilidad de extracción y aprovechamiento con pozos, dada la condición de no disponibilidad del acuífero.

2025

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL. PUNTA LA PAZ



CAPÍTULO 5

IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

Contenido

5.1. INTRODUCCIÓN 2

5.2. METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES 3

5.3. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS 4

5.1.1. Acciones del proyecto susceptibles de causar impactos 5

5.1.1. Factores del entorno susceptibles a recibir impactos 6

5.3.1. Matriz de interacción simple 11

5.3.2. Indicadores de impacto y de cambio climático 14

5.4. VALORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS 16

5.4.1. Matriz de evaluación de impactos 16

5.4.2. Matriz de índice de incidencia de impactos 25

5.4.3. Determinación de la significancia 29

5.5. DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS 47

5.5.1. Impactos significativos 47

5.5.1.1. Subsistema físico natural 47

5.5.2. Impactos no significativos 64

5.5.2.1. Subsistema físico natural 64

5.5.2.2. Subsistema socioeconómico 77

5.6. IMPACTOS ACUMULATIVOS 88

5.7. IMPACTOS RESIDUALES 91

5.8. CONCLUSIÓN 94

CAPÍTULO 5. IDENTIFIC|ACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

5.1. INTRODUCCIÓN

En el contexto de la evaluación de impacto ambiental de proyectos en México, resulta esencial llevar a cabo un análisis comprensivo de los posibles efectos que el desarrollo propuesto podría generar sobre el entorno natural y socioeconómico. Este análisis no solo responde a una disposición normativa, sino que también constituye una herramienta estratégica para orientar la gestión ambiental del proyecto, facilitando la identificación de oportunidades para prevenir riesgos y potenciar beneficios ambientales y sociales, con miras a su viabilidad integral.

De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), el impacto ambiental se define como "*toda modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza*". En este marco, el presente capítulo tiene como propósito identificar, valorar y caracterizar los impactos ambientales asociados a la ejecución del proyecto, atendiendo puntualmente a los lineamientos establecidos en la legislación vigente y a las directrices metodológicas reconocidas en la materia.

El análisis aquí presentado se fundamenta en un enfoque sistémico e interdisciplinario, el cual permite examinar la interacción entre las actividades del proyecto y los distintos componentes del sistema ambiental regional, conforme a la caracterización desarrollada en el Capítulo IV. Estos componentes comprenden el medio abiótico (agua, suelo, aire y clima), el medio biótico (flora, fauna y ecosistemas), el medio socioeconómico y cultural (dinámica demográfica, infraestructura, servicios y patrimonio cultural), así como el medio perceptual (paisaje).

Con el fin de asegurar la consistencia técnica y la solidez del análisis, se han adoptado metodologías congruentes con buenas prácticas nacionales e internacionales en evaluación de impacto ambiental. Esto permite que la identificación, valoración y caracterización de los posibles impactos refleje de manera objetiva y clara los cambios esperados en el entorno, a la vez que se garantiza el cumplimiento con los requerimientos normativos aplicables.

El proceso de evaluación de impactos representa una etapa fundamental dentro de la gestión ambiental del proyecto, ya que proporciona insumos clave para anticipar, prevenir y mitigar impactos adversos, al tiempo que permite maximizar los beneficios potenciales del desarrollo propuesto. En este sentido, el presente capítulo establece las bases técnicas para la formulación del Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad (SGAS), el cual será detallado en el capítulo siguiente. Este sistema busca que el desarrollo del proyecto se lleve a cabo en apego a los principios de prevención, precaución y sostenibilidad, favoreciendo una relación equilibrada entre aprovechamiento y conservación de los recursos naturales.

5.2. METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Para identificar y evaluar los impactos potenciales generados por el proyecto, se emplearon principalmente tres metodologías complementarias: La matriz de interacción simple, la matriz de identificación de impactos y la matriz de valorización y jerarquización. A continuación, se describe cada una de ellas.

a) Matriz de interacción simple

La matriz de interacción simple facilita la identificación y análisis de las interacciones entre las actividades del proyecto y los componentes ambientales. Se estructura como una matriz de doble entrada, donde:

- Filas: Representan los factores ambientales susceptibles de ser afectados.
- Columnas: Corresponden a las actividades del proyecto que pueden causar impactos.

Para la elaboración de esta matriz, se utilizaron listas de chequeo o verificación, lo que permitió organizar de manera sistemática las actividades del proyecto con potencial de generar impactos y los factores ambientales que podrían verse alterados.

b) Matriz de evaluación de impactos

La matriz de evaluación de impactos consiste en una tabla que cruza cada actividad del proyecto con los impactos ambientales detectados, clasificados de acuerdo con el factor ambiental afectado. Esta herramienta permite determinar:

- Los componentes ambientales más vulnerables, es decir, aquellos que recibirán los mayores efectos del proyecto.
- Las actividades con mayor recurrencia de impactos, ayudando a priorizar medidas de mitigación.

Esta matriz constituye un método cuantitativo para la identificación de impactos ambientales y es una adaptación propia de la matriz de Leopold (1971)[1].

c) Matriz de índice de incidencia de impactos

La matriz de índice de incidencia se diseñó para medir la significancia y relevancia de los impactos identificados, tomando en cuenta nueve atributos clave, adaptados de lo propuesto por Gómez-Orea (2003)[2] y Garmendia et al (2005)[3]:

- **Consecuencia:** Se refiere a la inmediatez del impacto y su posición dentro de la cadena de efectos ambientales. Si el impacto tiene un efecto inmediato sobre el

[1] Leopold, L. Clarke, B. B., Hanshaw y Balsley, J. .1971. A procedure for evaluating environmental impact. Geological Survey. Circ. 645, G.O.P., Washington DC, 13 pp.
[2] Gómez-Orea, D. 2002. Evaluación de impacto ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Madrid, España.
[3] Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., Garmendia, L. 2005. Evaluación de impacto ambiental. Pearson Educacion, S. A., Madrid, España.

factor ambiental, se dice que el efecto es directo. Un efecto indirecto o secundario es el que deriva de un efecto primario.

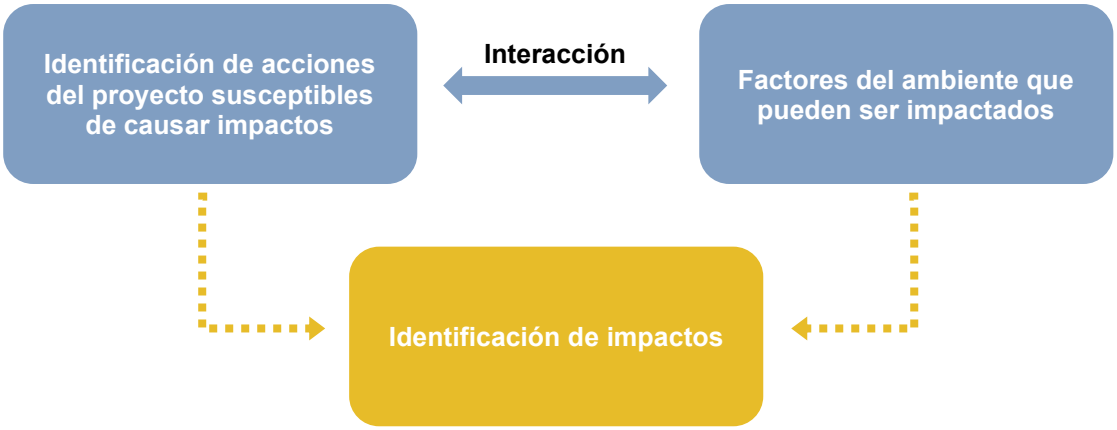
- **Acumulación:** Indica si el impacto se suma a otros impactos previos o concurrentes en el tiempo y el espacio. Un impacto acumulativo puede resultar de la reiteración de un mismo efecto o de la combinación de diferentes actividades que afectan un mismo componente ambiental, generando un deterioro progresivo del entorno.
- **Sinergia:** Describe la interacción entre múltiples impactos, donde la combinación de dos o más efectos genera un impacto total mayor o diferente al que producirían de manera aislada. Es decir, el impacto sinérgico puede amplificar los efectos ambientales y hacerlos más significativos.
- **Plazo o temporalidad:** Hace referencia a la duración del impacto ambiental en función del tiempo que permanece activo en el entorno.
- **Reversibilidad:** Evalúa la capacidad de recuperación del medio afectado una vez que la actividad cesa o se aplican medidas de mitigación.
- **Riesgo de ocurrencia:** Indica la probabilidad de que un impacto ambiental realmente ocurra, considerando factores como la naturaleza del proyecto, las condiciones ambientales y el grado de control que se tenga sobre la actividad.
- **Duración:** Se refiere al período de tiempo en el que un impacto ambiental permanece activo, considerando si su efecto es limitado o persistente en el tiempo.
- **Recuperabilidad:** Describe la posibilidad de restauración del ambiente afectado. Se relaciona con la capacidad de un ecosistema o un componente ambiental para volver a su estado original sin intervención humana o con medidas de restauración.
- **Extensión:** Determina el alcance espacial del impacto, es decir, el área geográfica afectada.

El índice de incidencia también refleja la severidad y forma en que una actividad del proyecto puede alterar distintos factores, proporcionando una base objetiva para priorizar medidas de prevención, mitigación y compensación.

5.3. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

La identificación de impactos ambientales es el primer paso crítico en cualquier evaluación de proyecto con potencial para alterar el entorno. Este proceso integral implica en primer lugar el reconocimiento detallado de las acciones que se llevarán a cabo a lo largo de todas las etapas del proyecto, desde la preparación inicial del sitio hasta su eventual cierre o abandono. Paralelamente, se debe realizar una identificación exhaustiva de los componentes ambientales y sociales que podrían verse afectados, abarcando elementos como el suelo, el agua, el aire, la flora, la fauna y las comunidades humanas. Una vez identificados estos componentes, el siguiente paso consiste en analizar las interacciones potenciales entre las acciones del proyecto y dichos componentes, examinando cómo estas interacciones podrían desencadenar cambios en el entorno. El esquema general para la identificación de impactos se presenta en la siguiente Figura 5. 1.

Figura 5. 1. Esquema general para la identificación de impactos ambientales.



Fuente: Elaboración propia.

5.1.1. Acciones del proyecto susceptibles de causar impactos

En el marco de la evaluación de impacto ambiental, se entiende por acción cualquier actividad o intervención del proyecto que puede dar origen a un cambio en el medio, ya sea de manera directa o indirecta (Gómez-Orea, 2002)[4].

A partir del análisis de las obras y actividades descritas en el Capítulo II, se identificaron 15 acciones con potencial de generar alteraciones en el sistema ambiental y social. Estas acciones se agrupan de acuerdo con las etapas del proyecto y se presentan en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Listado de acciones como resultado del desarrollo del proyecto que podrían generar algún tipo de impacto.

Etapa	Acción
Preparación	Prospección del área
	Trazo, nivelación topográfica y delimitación de áreas
	Remoción de la cubierta vegetal
	Despalme del terreno
	Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación)
	Habilitación de obras provisionales
Construcción	Operación de obras provisionales
	Construcción de vialidades
	Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento: - Sistema de suministro de energía - Sistema de drenaje y alcantarillado - Sistemas de comunicación - Planta de tratamiento de aguas residuales - Planta de osmosis inversa
Operación y mantenimiento	De infraestructura turística y vivienda

[4] Gómez-Orea, D. 2002. Evaluación de impacto ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Madrid, España.

Etapa	Acción
	De infraestructura vial
	De servicios y equipamiento
	De áreas verdes y de conservación
Abandono (cierre)	Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura
	Restauración del sitio

Fuente: Elaboración propia, con información contenida en el Capítulo II.

5.1.1. Factores del entorno susceptibles a recibir impactos

En el contexto de la evaluación de impacto ambiental, los factores del entorno se refieren a aquellos elementos que, por su naturaleza ecológica o social, pueden experimentar modificaciones como resultado de las acciones del proyecto. Desde una perspectiva ecológica, estos factores comprenden tanto los elementos abióticos, que engloban las características físicas y químicas del medio, como los factores bióticos, que se relacionan con las interacciones entre los organismos vivos (Dajoz, 2001)[5]. Asimismo, se incluyen los factores socioeconómicos, cuya dinámica influye significativamente en los procesos de aprovechamiento, conservación o degradación de los recursos naturales.

Para el presente análisis, se evaluaron los factores ambientales abióticos, bióticos, perceptuales y socioeconómicos, los cuales interactúan dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR). La evaluación se fundamenta en la información detallada en el Capítulo IV, donde se caracterizan los elementos del entorno natural y social presentes en el área de influencia del proyecto.

Con el fin de lograr una valoración más rigurosa y evitar la duplicación de efectos, los factores fueron clasificados en tres niveles de complejidad, tanto ecológica como social. Esta jerarquización establece una relación jerárquica entre elementos, procesos y sistemas. Bajo esta lógica, se entiende que un impacto en un nivel superior (por ejemplo, un ecosistema) implica efectos sobre los niveles subordinados (procesos y elementos), lo que permite estimar la intensidad del impacto de manera más estructurada:

- Impactos de alta intensidad: Afectan funciones o sistemas integrados.
- Impactos de intensidad media: Alteran procesos funcionales.
- Impactos de baja intensidad: Inciden sobre elementos específicos del medio.

Criterios de clasificación por nivel de complejidad

Complejidad ecológica

- Elementos naturales: Elementos químicos, físicos y biológicos que se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre (LGEEPA, Artículo 3, Fracción XV).
- Procesos naturales: Conjunto ordenado de eventos naturales cuya dinámica y magnitud determinan la funcionalidad de un ecosistema, y que pueden influir en las condiciones ambientales a nivel local, regional o global (Naeem et al., 1999).

[5] Dajoz, R. 2001. Entomología forestal: los insectos y el bosque. Papel y diversidad de los insectos en el medio forestal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

- Ecosistemas: Unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de estos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados (LGEEPA, Artículo 3, Fracción XIII).

Complejidad social

- Elemento socioeconómico: Componente que conforma la estructura y dinámica de una sociedad.
- Proceso socioeconómico: Evolución dinámica de las relaciones sociales y económicas dentro de una sociedad, que implica cambios en las estructuras sociales.
- Sistemas socioeconómicos: Conjunto complejo de interacciones entre los aspectos sociales, económicos, políticos y culturales de una sociedad. Es una estructura que determina cómo se organizan y relacionan las personas en el proceso de producción, distribución y consumo de bienes y servicios.

En total, se identificaron 14 factores del entorno susceptibles de recibir impactos dentro del área de influencia del proyecto, los cuales se desglosan en 15 elementos, 15 procesos y 5 ecosistemas, de acuerdo con su nivel de complejidad. La descripción detallada de estos factores y sus respectivos subfactores se presenta en la Tabla 5.2,

.

Tabla 5.2. Factores del ambiente en el área de influencia susceptibles de recibir impactos por la implementación del proyecto.

Subsistema	Componente	Factor	Subfactor	Impacto	Clave	Nivel de complejidad
Físico Natural	Abiótico	Aire	Calidad	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes	Ai1	Elemento
				Deterioro de la calidad por dispersión de partículas	Ai2	Elemento
			Nivel	Incremento en los niveles de ruido	Ai3	Elemento
			Propiedades	Alteración del microclima	Ai4	Proceso
		Agua	Calidad	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	Ag1	Elemento
				Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina	Ag2	Elemento
			Disponibilidad	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	Ag3	Elemento
				Cambio de la oferta hídrica	Ag4	Proceso
			Características	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	Ag5	Proceso
		Suelo	Calidad	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	Su1	Elemento
				Alteración de la estructura	Su2	Elemento
		Geoforma	Características	Alteración de los procesos morfodinámicos	Go1	Proceso
				Alteración de la topografía	Go2	Elemento
	Biótico	Flora	Biodiversidad	Alteración en la composición de las especies	Fl1	Proceso
				Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	Fl2	Elemento
		Fauna	Biodiversidad	Alteración en la composición de las especies	Fa1	Proceso

Subsistema	Componente	Factor	Subfactor	Impacto	Clave	Nivel de complejidad
				Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	Fa2	Elemento
			Etología	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	Fa3	Elemento
		Ecosistemas terrestres	Estructura	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	Eco1	Ecosistema
			Función ecológica	Modificación y fragmentación del hábitat	Eco2	Ecosistema
				Modificación de los servicios ambientales	Eco3	Ecosistema
		Ecosistemas acuáticos	Biodiversidad	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna).	Eco4	Proceso
				Alteración de la comunidad bentónica.	Eco5	Elemento
				Afectación a la comunidad de mamíferos marinos.	Eco6	Elemento
			Función ecológica	Afectación de manglar	Eco7	Ecosistema
	Perceptual	Paisaje	Calidad	Alteración de la calidad visual	Pa1	Ecosistema
Socioeconómico	Economía	Dinámica económica	Empleo	Incremento de la oferta de empleo	De1	Proceso
			Actividades económicas	Incremento en la demanda de bienes y servicios	De2	Proceso
				Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia	De3	Proceso
	Social	Demografía	Estructura	Incremento de la población permanente y flotante	D1	Proceso
				Cambio en los fenómenos de inmigración	D2	Proceso

Subsistema	Componente	Factor	Subfactor	Impacto	Clave	Nivel de complejidad
		Movilidad	Tránsito	Aumento en el flujo vehicular	Mo1	Proceso
		Infraestructura	Servicios públicos	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales	Sp1	Proceso
		Cultura	Uso y manejo del entorno	Cambio en el patrón de uso de recursos	Cu1	Proceso
			Patrimonio arqueológico	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico	Cu2	Elemento

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1. Matriz de interacción simple

Una vez identificadas las acciones que conforman el proyecto y determinados los factores del entorno con potencial de verse afectados, se procedió a la elaboración de una matriz de doble entrada que permite analizar de manera sistemática las posibles interacciones entre ambos elementos.

Esta herramienta metodológica facilita la detección temprana de impactos ambientales y sociales, tanto negativos como positivos, que podrían derivarse de la implementación del proyecto. Asimismo, proporciona una base sólida para la evaluación cualitativa de la relevancia y significancia de dichos impactos en las etapas siguientes del análisis.

El resultado del cruce de información permitió identificar 244 interacciones potenciales entre las actividades del proyecto y los componentes ambientales y sociales del área de influencia Matriz 5. 1. Éstas se encuentran distribuidas en función de las distintas etapas del ciclo de vida del proyecto, de la siguiente manera:

- Etapa de preparación: 99 interacciones
- Etapa de construcción: 54 interacciones
- Etapa de operación y mantenimiento: 62 interacciones
- Etapa de abandono o cierre: 29 interacciones

Matriz 5. 1. Matriz de interacciones simples de las acciones del proyecto vs factores ambiental y social.

Factor	Subfactor	Clave	Preparación						Construcción					Operación y mantenimiento				Abandono			
			Prospección del área	Trazo, nivelación topográfica y delimitación de áreas	Remoción de la cubierta vegetal	Despalme del terreno	Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación)	Habilitación de obras provisionales	Operación de obras	Construcción de vialidades	Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento	De infraestructura turística y de vivienda	De infraestructura vial	De servicios y equipamiento	De áreas verdes y de conservación	Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura	Restauración del sitio	Interacciones por subfactor	Interacciones por factor
Aire	Calidad	Ai1			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		12	45
		Ai2		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		13	
	Nivel	Ai3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	15	
	Propiedades	Ai4			X	X				X	X						X	5	
Agua	Calidad	Ag1	x	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	15	30
		Ag2												X				1	
	Disponibilidad	Ag3			X	X	X	X		X	X						X	7	
		Ag4												X				1	
	Características	Ag5			X	X	X	X		X	X							6	
Suelo	Calidad	Su1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	15	21
		Su2			X	X	X	X		X	X							6	
Geoforma	Características	Go1			X	X	X	X		X	X							6	12
		Go2			X	X	X	X		X	X							6	
Flora	Biodiversidad	Fl1	X		X	X	X	X	X			X			X		X	9	18
		Fl2	X		X	X	X	X	X			X			X		X	9	
Fauna	Biodiversidad	Fa1	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14	41
		Fa2	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14	
	Etología	Fa3			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13	
Ecosistemas terrestres	Estructura	Eco1			X										X		X	3	12
	Función ecológica	Eco2			X			X		X	X						X	5	
		Eco3			X	X									X		X	4	
Ecosistemas acuáticos	Biodiversidad	Eco4												X				1	6
		Eco5												X				1	
		Eco6												X				1	

Factor	Subfactor	Clave	Preparación						Construcción			Operación y mantenimiento				Abandono		Interacciones por subfactor	Interacciones por factor
			Prospección del área	Trazo, nivelación topográfica y delimitación de áreas	Remoción de la cubierta vegetal	Despalme del terreno	Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación)	Habilitación de obras provisionales	Operación de obras	Construcción de vialidades	Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento	De infraestructura turística y de vivienda	De infraestructura vial	De servicios y equipamiento	De áreas verdes y de conservación	Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura	Restauración del sitio		
	Función ecológica	Eco7								X	X			X				3	
Paisaje	Calidad	Pa1			X			X		X	X						X	5	5
Dinámica económica	Empleo	De1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	X	X	X	X	X	15	32
	Actividades económicas	De2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	X	X	X	X	X	15	
		De3										X		X				2	
Demografía	Estructura	D1										X				X		2	4
		D2										X				X		2	
Movilidad	Tránsito	Mo1			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		11	11
Infraestructura	Servicios públicos	Sp1							X			X						2	2
Cultura	Uso y manejo del entorno	Cu1										X		X				2	5
	Patrimonio arqueológico	Cu2			X	X	X											3	
Interacciones por actividad			9	6	24	21	19	20	14	20	20	18	11	19	14	13	16	244	
Interacciones por etapa			99						54			62				29			

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. *Indicadores de impacto y de cambio climático*

Los indicadores de impacto y de cambio climático desempeñan un papel fundamental en el proceso de evaluación de impacto ambiental, al proporcionar métricas objetivas para detectar cambios específicos en los factores susceptibles de recibir impactos. Los indicadores facilitan la comparación de los impactos proyectados con estándares ambientales y umbrales críticos establecidos por leyes y regulaciones.

En este contexto, en la siguiente Tabla 5.3 se presentan los indicadores seleccionados para evaluar la magnitud de las alteraciones que podrían ocurrir como consecuencia de la implementación del proyecto. Se han seleccionado indicadores que sean representativos, relevantes, medibles y fáciles de identificar y monitorear.

Tabla 5.3. Indicadores de impacto y de cambio climático.

Factor	Subfactor	Impacto	Clave	Nivel de complejidad	Indicador
Aire	Calidad	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes	Ai1	Elemento	Índice de calidad del aire
		Deterioro de la calidad por dispersión de partículas	Ai2	Elemento	Concentración de partículas en suspensión (PM2.5 y PM10)
	Nivel	Incremento en los niveles de ruido	Ai3	Elemento	Nivel de presión sonora (dB A)
	Propiedades	Alteración del microclima	Ai4	Proceso	Superficie transformada
Agua	Calidad	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	Ag1	Elemento	Índice de calidad del agua
		Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina	Ag2	Elemento	Índice de calidad del agua
	Disponibilidad	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	Ag3	Elemento	Superficie de recarga ocupada
		Cambio de la oferta hídrica	Ag4	Proceso	Índice de aporte hídrico
	Características	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	Ag5	Proceso	Superficie de suelo natural no impermeabilizado
Suelo	Calidad	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	Su1	Elemento	Superficie contaminada
		Alteración de la estructura	Su2	Elemento	Superficie transformada
Geoforma	Características	Alteración de los procesos morfodinámicos	Go1	Proceso	Superficie afectada
		Alteración de la topografía	Go2	Elemento	Superficie afectada
Flora	Biodiversidad	Alteración en la composición de las especies	Fl1	Proceso	Estructura de las comunidades

Factor	Subfactor	Impacto	Clave	Nivel de complejidad	Indicador
		Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	FI2	Elemento	Índice de diversidad
Fauna	Biodiversidad	Alteración en la composición de las especies	Fa1	Proceso	Estructura de las comunidades
		Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	Fa2	Elemento	Índice de diversidad
	Etología	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	Fa3	Elemento	Estructura de las comunidades
Ecosistemas terrestres	Estructura	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	Eco1	Ecosistema	Superficie transformada
	Función ecológica	Modificación y fragmentación del hábitat	Eco2	Ecosistema	Superficie transformada Índice de conectividad
		Modificación de los servicios ambientales	Eco3	Ecosistema	Superficie transformada
Ecosistemas acuáticos	Biodiversidad	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	Eco4	Proceso	índices de abundancia, riqueza y biodiversidad Productividad primaria y secundaria
		Alteración de la comunidad bentónica	Eco5	Elemento	índices de abundancia, riqueza y biodiversidad
		Afectación a la comunidad de mamíferos marinos	Eco6	Elemento	Frecuencia
	Función ecológica	Afectación de manglar	Eco7	Ecosistema	Biomasa y productividad (manglar)
Paisaje	Calidad	Alteración de la calidad visual	Pa1	Ecosistema	Calidad escénica
Dinámica económica	Empleo	Incremento de la oferta de empleo	De1	Proceso	Tasa de empleo y desempleo
	Actividades económicas	Incremento en la demanda de bienes y servicios	De2	Proceso	Bienes y servicios provenientes de proveedores locales
		Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia	De3	Proceso	Nivel de percepción de las comunidades locales sobre la abundancia de especies utilizadas para subsistencia
Demografía	Estructura	Incremento de la población permanente y flotante	D1	Proceso	Densidad poblacional
		Cambio en los fenómenos de inmigración	D2	Proceso	Movimientos inmigratorios temporales y permanentes
Movilidad	Tránsito	Aumento en el flujo vehicular	Mo1	Proceso	Índice de congestión vehicular
Infraestructura	Servicios públicos	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de	Sp1	Proceso	Autosuficiencia del proyecto respecto de los servicios requeridos

Factor	Subfactor	Impacto	Clave	Nivel de complejidad	Indicador
		residuos y tratamiento de aguas residuales			
Cultura	Uso y manejo del entorno	Cambio en el patrón de uso de recursos	Cu1	Proceso	Sustitución de actividades
	Patrimonio arqueológico	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico	Cu2	Elemento	Nivel de estado o condición

Fuente: Elaboración propia.

5.4. VALORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS

5.4.1. Matriz de evaluación de impactos

Con el propósito de valorar de forma más precisa los efectos potenciales del proyecto sobre el entorno, se elaboró una segunda matriz, complementaria a la matriz de interacción simple, que relaciona cada una de las actividades del proyecto con los factores ambientales y sociales susceptibles de afectación.

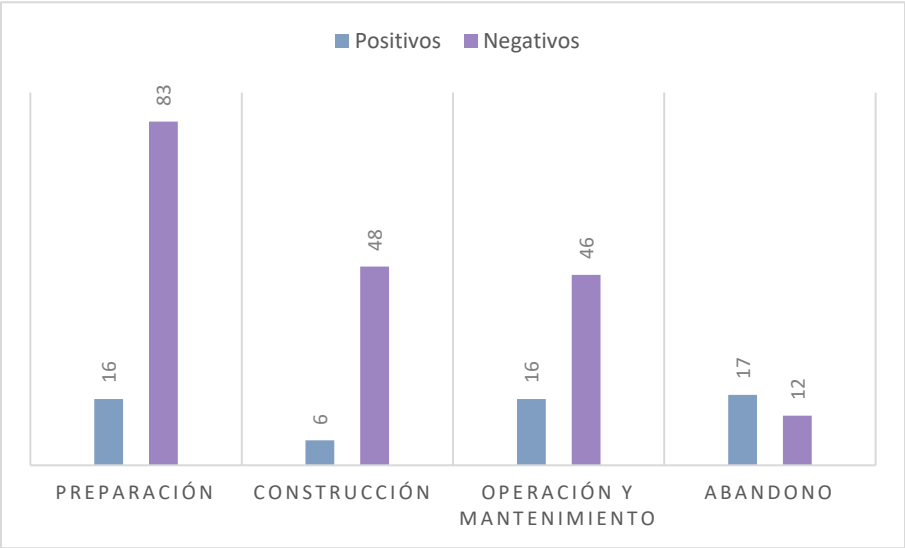
Esta herramienta facilita la cuantificación y jerarquización de los impactos identificados, permitiendo establecer con mayor claridad su efecto y frecuencia. De igual forma, permite reconocer aquellos componentes del medio que presentan mayor sensibilidad ante las intervenciones del proyecto, así como aquellas acciones que tienden a generar un número más elevado de interacciones (Matriz 5.2).

Análisis de impactos

Con base en la información generada por esta matriz, se identificaron 244 interacciones entre las actividades del proyecto y los factores ambientales y sociales evaluados. De este total, 189 interacciones (77.46%) se relacionan con impactos considerados como negativos, mientras que 55 interacciones (22.54%) corresponden a impactos de carácter positivo.

En cuanto a la distribución por etapa, se observó que la fase de preparación concentra el mayor número de impactos, con un total de 99 efectos identificados, de los cuales 83 son negativos y 16 positivos (Gráfica 5.1). Esta tendencia es consistente con la naturaleza de las acciones propias de esta etapa, que generalmente implican modificaciones iniciales en el entorno.

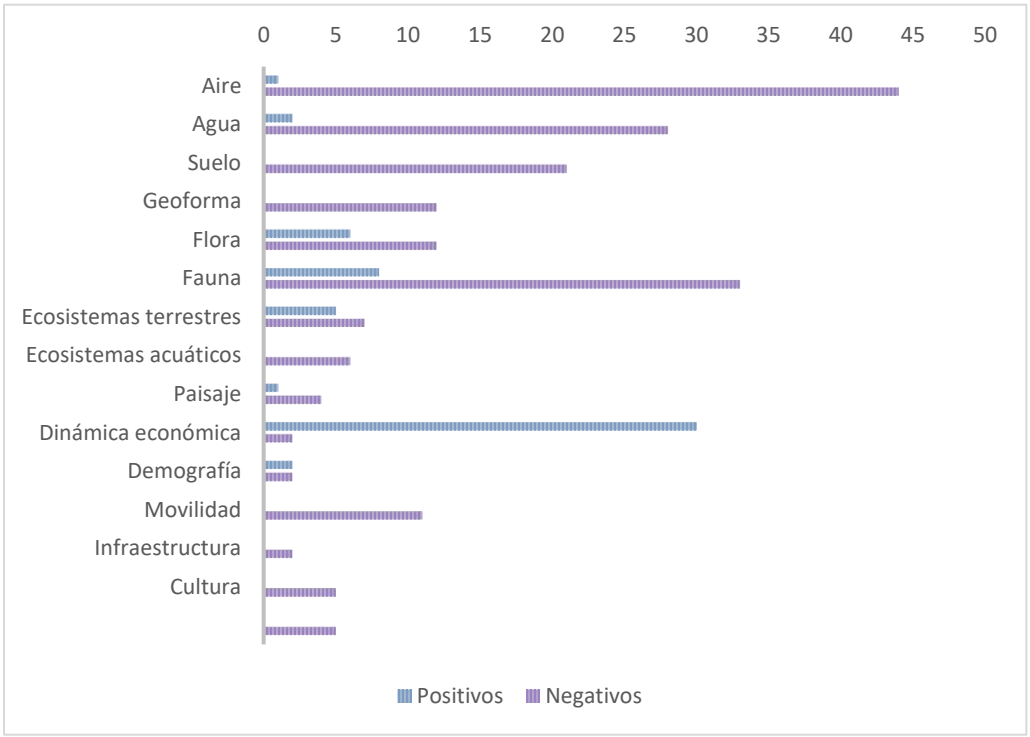
Gráfica 5.1. Número de impactos negativos y positivos que se espera sean generados en cada etapa de desarrollo del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la distribución de impactos por factores, se identificó que el factor más afectado es el aire, con un total de 44 impactos negativos (Gráfica 5.2).

Gráfica 5.2. Clasificación de impactos negativos y positivos sobre cada factor ambiental y social.

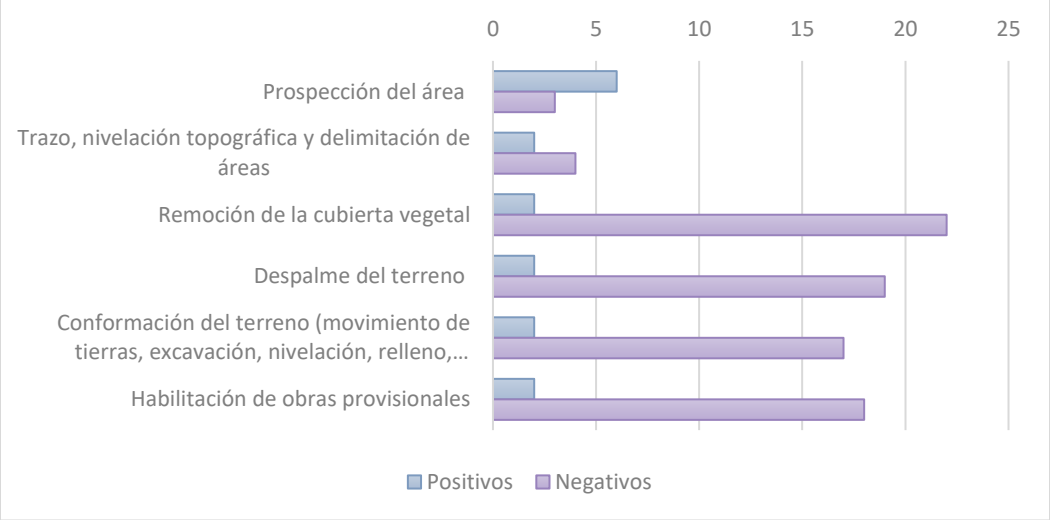


Fuente: Elaboración propia.

Etapa de preparación

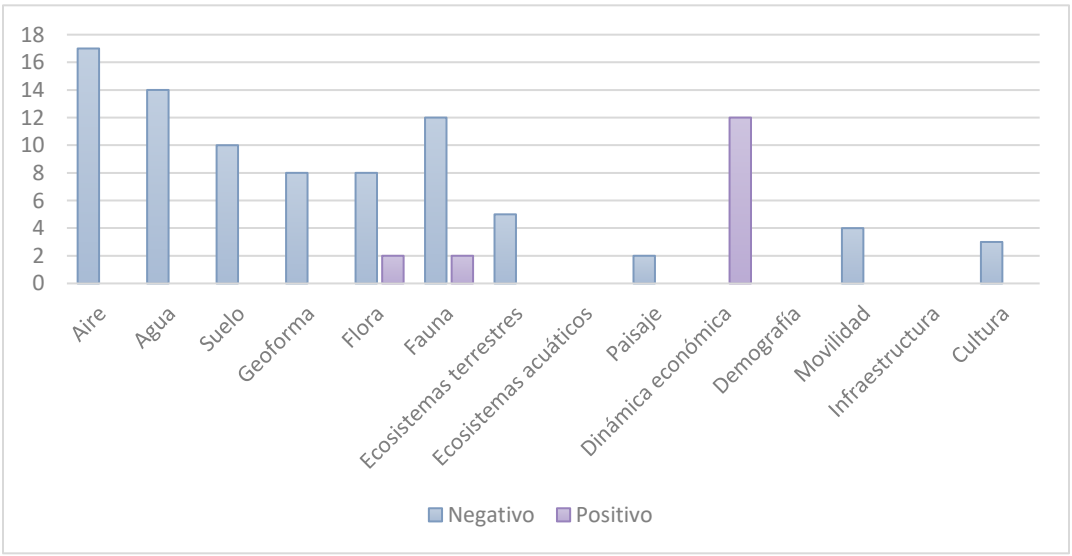
- Se prevé un total de 99 impactos, de los cuales 83 son negativos y 16 positivos.
- Los impactos positivos están relacionados con el rescate y reubicación de especies, así como la generación de empleo y su efecto en la economía local.
- La actividad que presenta el mayor número de impactos negativos es la remoción de la cubierta vegetal (22 impactos negativos) (Gráfica 5.3).
- En esta etapa, el factor más afectado será el aire, seguido por el agua y el suelo (Gráfica 5.4).

Gráfica 5.3. Impactos negativos y positivos previstos por actividad durante la etapa de preparación.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 5.4. Impactos por factor en la etapa de preparación.

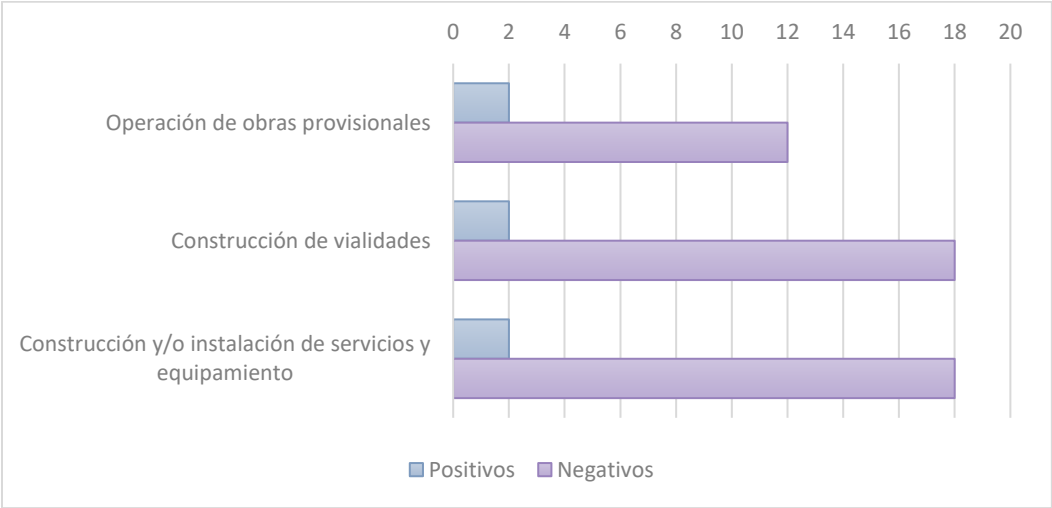


Fuente: Elaboración propia.

Etapa de construcción

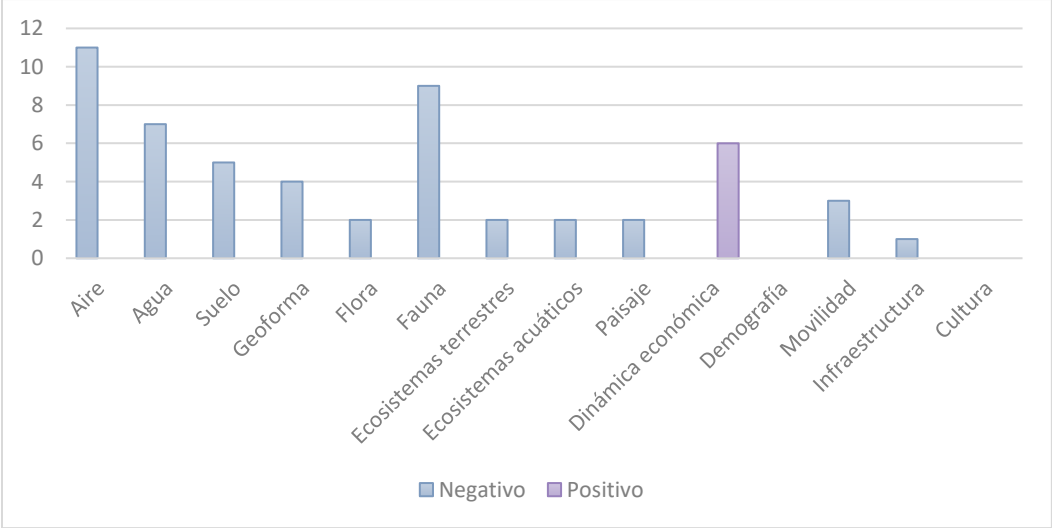
- Se estima un total de 54 impactos, de los cuales 48 son negativos y 6 positivos.
- Los impactos positivos están vinculados con la generación de empleo y su incidencia en la economía local.
- Las actividades con mayor número de impactos negativos son la construcción de vialidades y la construcción y/o instalación de servicios y equipamiento, corte y relleno (18 impactos negativos cada una) (Gráfica 5.5).
- En esta etapa, el factor más afectado será el aire, seguido por fauna y el agua (Gráfica 5.6).

Gráfica 5.5. Impactos negativos y positivos previstos por actividad durante la etapa de construcción.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 5.6. Impactos por factor en la etapa de construcción.

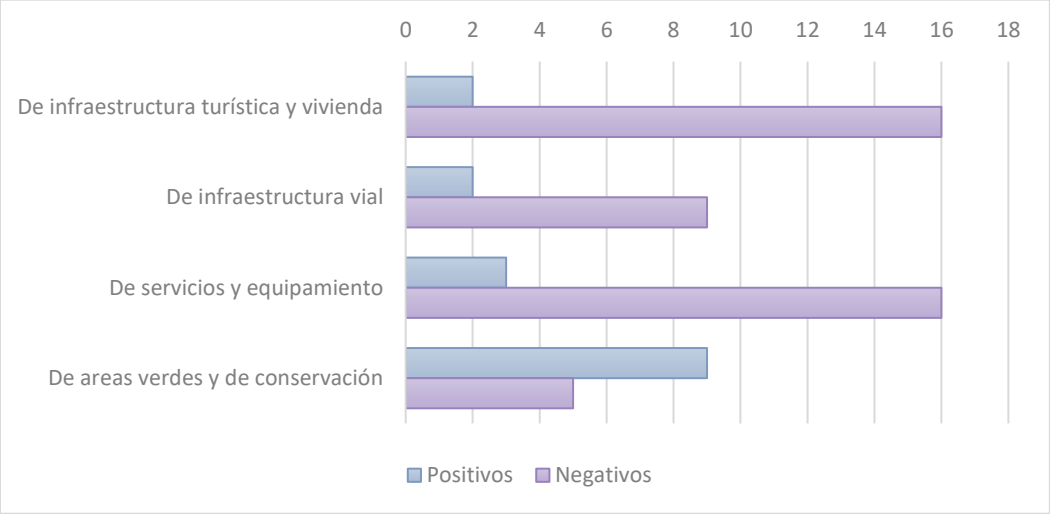


Fuente: Elaboración propia.

Etapa de operación y mantenimiento

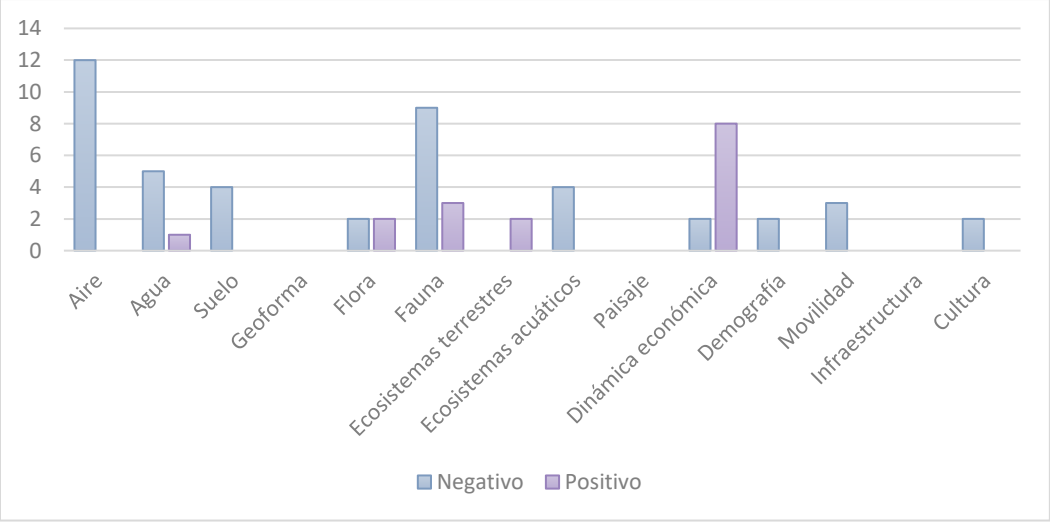
- Se identificó un total de 62 impactos, de los cuales 46 son negativos y 16 positivos.
- Los impactos positivos están relacionados con el cambio en la oferta hídrica, el mantenimiento de las áreas de conservación y la generación de empleo y su efecto en la economía local.
- Las actividades con mayor número de impactos negativos son la operación y mantenimiento de infraestructura turística y vivienda y de servicios y equipamiento (16 impactos negativos cada una) (Gráfica 5.7).
- En esta etapa, los factores más afectados serán el aire y la fauna (Gráfica 5.8).

Gráfica 5.7. Impactos negativos y positivos previstos por actividad durante la etapa de operación y mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 5.8. Impactos por factor en la etapa de operación y mantenimiento.

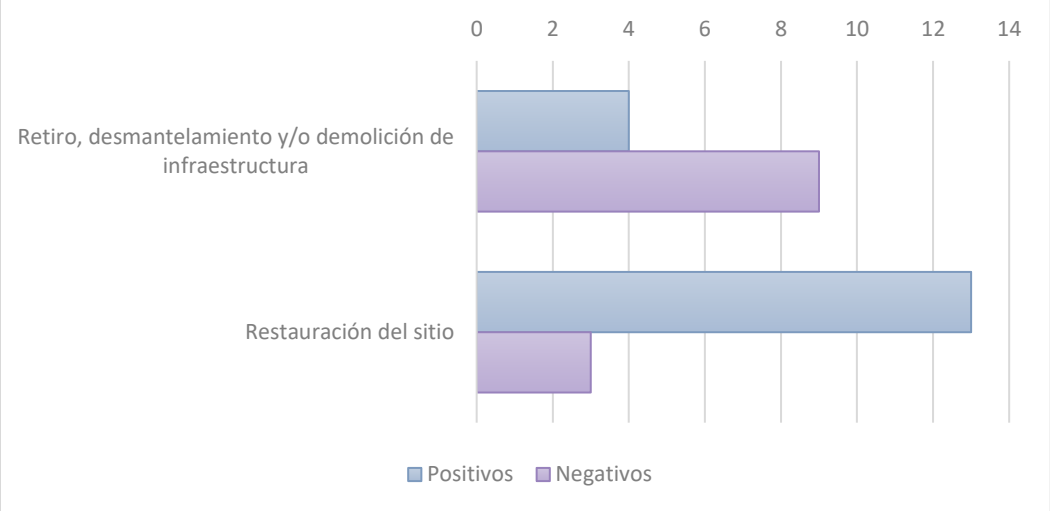


Fuente: Elaboración propia.

Etapa de abandono

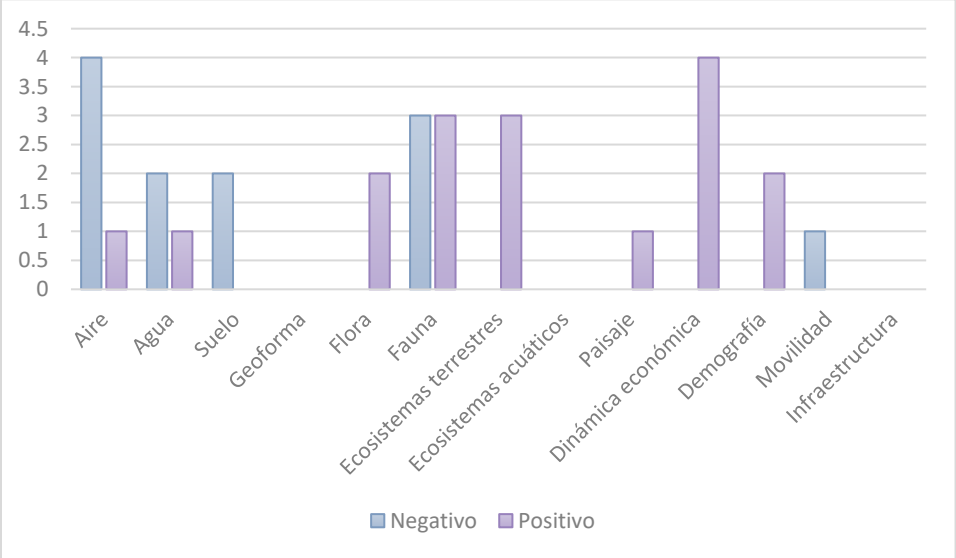
- Se prevé un total de 29 impactos, de los cuales 12 son negativos y 17 positivos.
- Los impactos positivos están asociados con la restauración del sitio y la generación de empleo y su efecto en la economía local.
- La actividad con mayor número de impactos negativos es el retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura (9 impactos negativos) (Gráfica 5.9).
- En esta etapa, los factores más afectados serán el aire y la fauna (Gráfica 5.10).

Gráfica 5.9. Impactos negativos y positivos previstos por actividad durante la etapa de abandono.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 5.10. Impactos por factor en la etapa de abandono.



Fuente: Elaboración propia.

Matriz 5.2. Matriz de evaluación de impactos. n = negativo. p = positivo.

Factor	Clave	Preparación						Construcción			Operación y mantenimiento				Abandono		Impactos por subfactor		Impactos por factor	
		Prospección del área	Trazo, nivelación topográfica y delimitación de áreas	Remoción de la cubierta vegetal	Despalme del terreno	Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación)	Habilitación de obras provisionales	Operación de obras provisionales	Construcción de vialidades	Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento	De infraestructura turística y de vivienda	De infraestructura vial	De servicios y equipamiento	De áreas verdes y de	Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura	Restauración del sitio	Negativos	Positivos	Negativos	Positivos
Aire	Ai1			n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n		12	0	44	1
	Ai2		n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n		13	0		
	Ai3	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	15	0		
	Ai4			n	n				n	n						p	4	1		
Agua	Ag1	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	15	0	28	2
	Ag2												n				1	0		
	Ag3			n	n	n	n		n	n						p	6	1		
	Ag4												p				0	1		
	Ag5			n	n	n	n		n	n							6	0		
Suelo	Su1	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	15	0	21	0
	Su2			n	n	n	n		n	n							6	0		
Geoforma	Go1			n	n	n	n		n	n							6	0	12	0
	Go2			n	n	n	n		n	n							6	0		
Flora	Fl1	p		n	n	n	n	n			n			p		p	6	3	12	6
	Fl2	p		n	n	n	n	n			n			p		p	6	3		
Fauna	Fa1	p		n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	p	n	p	11	3	33	8
	Fa2	p		n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	p	n	p	11	3		
	Fa3			n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	p	n	p	11	2		
Ecosistemas terrestres	Eco1			n										p		p	1	2	7	5
	Eco2			n			n		n	n						p	4	1		
	Eco3			n	n									p		p	2	2		
	Eco4												n				1	0	6	0

Factor	Clave	Preparación						Construcción			Operación y mantenimiento				Abandono		Impactos por subfactor		Impactos por factor	
		Prospección del área	Trazo, nivelación topográfica y delimitación de áreas	Remoción de la cubierta vegetal	Despalme del terreno	Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación)	Habilitación de obras provisionales	Operación de obras provisionales	Construcción de vialidades	Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento	De infraestructura turística y de vivienda	De infraestructura vial	De servicios y equipamiento	De áreas verdes y de	Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura	Restauración del sitio	Negativos	Positivos	Negativos	Positivos
Ecosistemas acuáticos	Eco5												n				1	0		
	Eco6												n				1	0		
	Eco7								n	n			n				3	0		
Paisaje	Pa1			n			n		n	n						p	4	1	4	1
Dinámica económica	De1	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	0	15	2	30
	De2	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	0	15		
	De3										n		n				2	0		
Demografía	D1										n				p		1	1	2	2
	D2										n				p		1	1		
Movilidad	Mo1			n	n	n	n	n	n	n	n	n	n		n		11	0	11	0
Infraestructura	Sp1							n			n						2	0	2	0
Cultura	Cu1										n		n				2	0	5	0
	Cu2			n	n	n											3	0		
Impactos por actividad	Negativos	3	4	22	19	17	18	12	18	18	16	9	16	5	9	3				
	Positivos	6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	9	4	13				
Impactos por etapa	Negativos	83						48			46				12					
	Positivos	16						6			16				17					

Fuente: Elaboración propia.

5.4.2. *Matriz de índice de incidencia de impactos*

Para medir la significancia y relevancia de los impactos ambientales, se elaboró una tercera matriz en la que se analizaron los impactos identificados en términos de nueve atributos: consecuencia, acumulación, sinergia, plazo o temporalidad, reversibilidad, riesgo de ocurrencia, duración, recuperabilidad y extensión. A cada atributo le fue asignado un valor entre 1 y 3, según la severidad del mismo (Tabla 5.4).

Tabla 5.4. Descripción de la escala de los atributos para determinar el índice de incidencia de los impactos ambientales.

Atributos	Escala		
Signo de efecto	**Positivo (+):** Efecto de mejoramiento en beneficio de la estructura y función de los ecosistemas, recursos naturales o medio socioeconómico.	No aplica	**Negativo (-):** Pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica.
Consecuencia (C)	**Indirecto (1)**: El impacto ocurre de manera indirecta. Cubren los efectos potenciales de los cambios adicionales que pudieran ocurrir más adelante o en lugares diferentes como resultado de la acción. Impactos secundarios, que resultan de actividades que ocurren en respuesta a oportunidades socio-económicas asociadas con un nuevo proyecto y que no han sido previstas por este. Son cambios que ocurren más adelante o en lugares diferentes.	No aplica	**Directo (3):** El impacto ocurre de manera directa. Efectos que causa la acción y que ocurren generalmente en el mismo tiempo y lugar de ella. Generalmente son obvios y cuantificables.
Acumulación (A)	**Simple (1)**: Cuando el efecto en el ambiente no resulta de la suma de los efectos de acciones particulares ocasionados por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente. Impacto que se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevas alteraciones, ni en la de su acumulación ni en la de su sinergia.	No aplica	**Acumulativo (3):** Cuando el impacto en el ambiente resulta de la suma de los efectos de acciones o proyectos ocasionados por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente. Son aquellos resultantes del impacto sucesivo, incrementado y combinado de la acción propuesta sobre algún recurso común, cuando se añade a acciones pasadas, presentes y razonablemente esperadas en el futuro. Estos derivan de la interacción de las actividades humanas y de procesos ambientales y sociales externos.

Atributos	Escala		
Sinergia (S)	**No Sinérgico (1):** Cuando el impacto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones no supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.	No aplica	**Sinérgico (3):** Cuando el impacto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones, supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.
Plazo o Temporalidad (T)	**Corto (1)**: El impacto tiene una duración menor a 1 mes.	**Mediano (2):** El impacto tiene una duración mayor a 1 mes y menor a 1 año.	**Largo (3):** El impacto tiene una duración mayor a 1 año.
Reversibilidad (Rv)	**Reversible (1)**: Efecto ambiental o social que puede ser asimilado por el entorno en un plazo corto, permitiendo la recuperación funcional y estructural del sistema afectado, sin requerir intervenciones complejas.	**Reversible intermedio (2):** Efecto ambiental o social que requiere un plazo más prolongado para ser asimilado, ya sea por la resiliencia natural del sistema o por acciones de recuperación social o ecológica.	**Irreversible (3)**: Efecto que implica la imposibilidad o una dificultad extrema para regresar a la situación original, ya sea por la pérdida permanente de componentes ambientales o por impactos sociales estructurales no recuperables por medios naturales o procesos sociales.
Riesgo de ocurrencia (O)	**Poco probable (1)**: Riesgo o probabilidad baja de que el impacto sea generado.	**Probable (2):** Riesgo o probabilidad media de que el impacto sea generado.	**Muy probable (3):** Riesgo o probabilidad muy alta de que el impacto sea generado.
Duración (D)	**Temporal (1)**: Cuando el efecto se produce durante un periodo definido de tiempo. El impacto no es permanente.	No aplica	**Permanente (3):** Cuando el impacto se presenta o mantiene en toda la vida útil del proyecto.
Recuperabilidad (Rc)	**Recuperable (1)**: El efecto ambiental o social puede ser revertido con el tiempo, ya sea mediante procesos naturales de regeneración o mediante acciones humanas (como la implementación de medidas de mitigación, restauración o reconstrucción social), permitiendo la recuperación del entorno afectado o de las condiciones sociales alteradas.	No aplica	**Irrecuperable (3):** El efecto ambiental o social no puede ser revertido ni mitigado, incluso con intervención humana, resultando en la pérdida permanente de recursos, funciones ecosistémicas o procesos sociales, valores culturales o comunitarios.
Extensión (E)	**Puntual (1):** El efecto del impacto afecta un área muy reducida y específica, generalmente limitada al sitio exacto donde ocurre la actividad, sin afectar zonas circundantes.	**Local (2):** Los efectos del impacto tienen repercusiones que afectan a un área mayor, abarcando el sitio del proyecto y sus alrededores inmediatos, pero sin extenderse más allá de los límites del área de influencia directa.	**Regional (3):** Los efectos del impacto tienen una extensión mayor y afecta una zona amplia, pero no más allá del área de influencia indirecta.

Fuente: Elaboración propia modificada de Gómez-Orea (2002).

La incidencia de cada impacto se evaluó a partir del siguiente algoritmo simple, que consiste en la sumatoria de los valores asignados a los atributos de cada impacto y sus rangos de valor o escala:

$$I = C + A + S + T + Rv + O + D + Rc + E$$

Donde:

I = Valor de incidencia obtenido por un impacto.
C = Consecuencia.
A = Acumulación.
S = Sinergia.
T = Plazo o temporalidad.
Rv = Reversibilidad.
O = Riego de ocurrencia.
D = Duración.
Rc = Recuperabilidad.
E = Extensión.

Para el índice de incidencia cada valor de cada impacto se estandarizó entre 0 y 1 mediante la siguiente formula:

$$Indinc = I – Imin / Imax – Imin$$

Donde:

I = el valor de incidencia obtenido por un impacto.

Imin = el valor de la expresión en caso de que los atributos se manifiesten con el menor valor, que para el caso de esta evaluación será 9, por ser 9 atributos con un valor mínimo cada uno de 1.

Imax= el valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifestaran con el mayor valor, que para el caso de esta evaluación será 27, por ser 9 atributos con un valor máximo cada uno de 3.

Tanto en Imin como en Imax, se excluye de la valoración al atributo signo de efecto, ya que se representa sin valor número, pues solo corresponde a la naturaleza del impacto.

Para el índice de incidencia se otorgaron los valores de significancia según los intervalos que se presentan en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Intervalos de significancia de los impactos ambientales de acuerdo con su índice de incidencia.

Rango	Interpretación	Índice de Incidencia
Significativo (S)	Se pueden generar alteraciones que sin medidas afecten el funcionamiento o estructura de los ecosistemas dentro del área de influencia.	0.68 o mayor
No significativo (NS)	Se compromete la integridad de elementos o procesos sin poner en riesgo la estructura y función de los ecosistemas de los que forman parte.	0.34 a 0.67
Despreciables (D)	Alteraciones de muy bajo impacto a elementos o procesos que no comprometen la integridad de los mismos.	0.33 o menor

Fuente: Elaboración propia.

La Matriz 5. 3 presenta los resultados del análisis de significancia de los impactos ambientales identificados, considerando su nivel de incidencia sobre los distintos componentes del medio ambiente y del entorno social. A través de esta herramienta se valoraron los impactos acumulativos y residuales, en función de los atributos de acumulación y recuperabilidad, respectivamente. Asimismo, se identificaron aquellos impactos cuya relevancia se deriva de su magnitud, evaluada mediante el atributo extensión.

Es importante señalar que esta evaluación se realizó sin considerar la aplicación de medidas de mitigación, prevención o compensación, lo que permite estimar el escenario más desfavorable o de mayor presión ambiental.

De igual forma, se estableció un énfasis particular en la descripción de los impactos clasificados como de alta significancia, por su mayor potencial de afectación ambiental o social. Sin embargo, los impactos con significancia media o baja también fueron considerados, tanto en su definición como en la formulación de las correspondientes medidas de manejo ambiental, a fin de garantizar una gestión integral de los efectos potenciales del proyecto.

5.4.3. Determinación de la significancia

La determinación de la significancia o relevancia de un impacto representa uno de los ejercicios más claramente multidisciplinarios dentro de la evaluación de impacto ambiental. Para estimar y valorar adecuadamente la magnitud de las alteraciones que un proyecto puede provocar sobre los distintos componentes ambientales, es indispensable contar con un conocimiento profundo y especializado de dichos componentes, así como del marco normativo vigente y de los criterios científicos comúnmente aceptados para su evaluación.

Con el fin de atender esta necesidad, el promotor conformó un equipo multidisciplinario orientado a: a) generar una línea base ambiental del proyecto y su área de influencia; b) evaluar el estado actual de los recursos, considerando su grado de conservación o deterioro; c) identificar y valorar los impactos ambientales potenciales, con especial atención a aquellos de mayor significancia; y d) diseñar e implementar medidas de mitigación y manejo que garanticen la sostenibilidad del proyecto. A continuación, se detallan los criterios empleados en este estudio para la evaluación de la significancia de los impactos generados por el proyecto.

Criterios técnico-científicos

Desde una perspectiva técnica y científica, la significancia de un impacto ambiental puede ser evaluada a partir de diversos criterios, tales como: los atributos del impacto (magnitud, extensión espacial, duración, frecuencia, probabilidad de ocurrencia, reversibilidad, entre otros), la aplicación de normas o estándares regulatorios, límites de cambio aceptables, y el valor específico del contexto afectado (valores ecológicos, sociales, culturales, de salud pública o económicos) (Boyle, J, J.L. Barnes and C. Bingham, 2016[6]; Espinoza, 2001[7]; UNEP, 2002[8]).

En este sentido, la matriz de evaluación de impactos y la matriz de índice de incidencia de impactos fueron las herramientas empleadas para reconocer y valorar la significancia de los impactos potenciales asociados al desarrollo del proyecto.

Criterio "Enfoque de Ecosistemas"

La integridad funcional de un ecosistema se define por la interacción equilibrada entre sus componentes bióticos y abióticos, permitiendo que las funciones ecológicas se mantengan en el tiempo (Crabbé et al., 1999)[9]. Según Callicott et al. (1997)[10], esta integridad se manifiesta en la presencia de poblaciones de especies nativas, en sus niveles históricos de abundancia y diversidad, interactuando dentro de comunidades naturalmente establecidas.

---

[6] Boyle, J., J. L Barnes and C. Bingham, 2016. Assessing Significance in Impact Assessment of Projects. International Associationf or Impact Assessment. FASTIPS No. 14 | November 2016.
[7] Espinoza, G. 2001. Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo / Centro de Estudios para el Desarrollo. Santiago de Chile. 183 p.
[8] UNEP, 2002 (Sadler, B y M. MxCabe Eds.). Environmental Impact Assesment Training Resource Manual. United Nations Environmental Programme. Division on Technology, Industry and Economics. Economics and Trade Branch. Second Edition. 599 p.
[9] Crabbé, P., Holland, A., Ryszkowski, L., Westra, L. 1999. Implementing Ecological Integrity. Restoring Regional and Global Environmental and Human Health. Kluwer Academic Publisher. Países Bajos.
[10] Callicott, J., Munford, K. 1997. Ecological Sustainability as a Conservation Concept. Departmen of Philosophy an College o Natural Resources, University O Wisconsin-Stevens Point, U.S.A.

Bajo este enfoque, un impacto es considerado significativo cuando compromete el funcionamiento de uno o más procesos ecológicos esenciales, alterando las relaciones entre los componentes del sistema y generando desequilibrios ambientales.

Para asegurar una gestión sostenible, es fundamental considerar la interconexión entre los ecosistemas y las actividades humanas que los afectan. Por ello, la planificación territorial debe orientarse a mantener la integridad ecológica y funcional de los ecosistemas, garantizando su resiliencia frente al cambio y la continuidad en la provisión de servicios ecosistémicos. Un enfoque basado en ecosistemas debe integrar de manera equilibrada objetivos ecológicos, sociales y económicos, respetando la capacidad de carga ecológica y promoviendo el desarrollo humano en armonía con la conservación.

Criterio "Enfoque del Capital Natural"

Los ecosistemas y recursos naturales aprovechados o intervenidos por un proyecto constituyen una forma de capital que genera bienes y servicios con valor económico y social dentro de su área de influencia (Capitals Coalition, 2021)[11]. Por esta razón, deben ser evaluados como parte del capital invertido, y su aprovechamiento debe orientarse hacia la sostenibilidad.

La Coalición de Capitales define el capital producido —es decir, los bienes y activos financieros generados por el ser humano— como resultado de la combinación del capital natural, capital social y capital humano (Figura 5.2). En este marco conceptual, el capital natural es el pilar que sustenta los demás capitales, ya que sin él no podrían generarse ni mantenerse.

Figura 5.2. Concepto de capital producido.



Fuente: Elaboración propia, adaptado de *Capitals Coalitions* (2021).

[11] Capitals Coalition. 2021. "Principles of Integrated Capitals Assessments". 22p. (Online) Recuperado de: https://capitalscoalition.org/wpcontent/ uploads/2021/01/Principles_of_integrated_capitals_ assessments_final.pdf.

El capital natural se compone del conjunto de recursos naturales renovables y no renovables que, al interactuar, proveen un flujo continuo de servicios a las personas (Atkinson & Pearce, 1995[12]; Jansson et al., 1994[13]; Natural Capital Coalition, 2016[14]). Estos servicios incluyen tanto los ecosistémicos como los abióticos, aportando valor a la sociedad y a las actividades económicas.

En el contexto del presente proyecto, el capital natural está representado por los ecosistemas y recursos presentes en el área de influencia. La Tabla 5. 6 presenta una aproximación conceptual al valor ecológico y socioeconómico de este capital, considerando sus componentes, funciones y atributos.

Tabla 5. 6. Capital natural en el área de influencia del proyecto.

VALOR ECOLÓGICO	VALOR SOCIOECONÓMICO TIPO DE AMBIENTE				
COMPONENTES (BIENES)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Recursos forestales no maderables					
Recursos pesqueros					
Recursos silvestres					
Recursos hidrológicos					
Recursos recreacionales					
Recursos paisajísticos					
FUNCIONES (SERVICIOS)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Protección estabilización litoral (erosión eólica y litoral)					
Captura y secuestro de carbono mitigación GEI					
Provisión de hábitats críticos					
Retención de sedimentos y nutrientes					
Mantenimiento de la calidad del agua					
Soporte a ecosistemas y actividades humanas					
Soporte de actividades turísticas					
Regulación microclimática					
Control de flujos					
Servicios culturales					
Estabilización de suelo					
ATRIBUTOS	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Biodiversidad					
Unicidad					
Germoplasma					

1. Zona marina
2. Playa
3. Duna
4. Matorral sarcocaule
5. Manglar

Valor de uso directo
Valor de uso indirecto
Valor de uso/preservación

Fuente: Elaboración propia, adaptado de *Capitals Coalitions* (2021).

[12] Atkinson, G. and D. Pearce. 1995. "Measuring sustainable development." In: Bromley, D. W., (ed.) Handbook of Environmental Economics. Blackwell, Oxford, UK, pp. 166-182.
[13] Jansson, A., M. Hammer, C. Folke, and R. Costanza (eds.) 1994. Investing in Natural Capital: The Ecological Economics Approach To Sustainability. Island Press: Washington, DC.
[14] Natural Capital Coalition, 2016. "Natural Capital Protocol". Natural Capital Coalition.136p. (Online) Available at: www.naturalcapitalcoalition.org/protocol.

Criterio de Capacidad de Carga

La capacidad de carga constituye una herramienta clave de planificación, especialmente en áreas naturales protegidas, al orientar decisiones de manejo en función de los límites ecológicos del territorio. Esta capacidad es dinámica y relativa, ya que depende de múltiples variables que pueden cambiar según el contexto ambiental, social, económico y político (Cifuentes, 1992)[15].

Toda estimación de capacidad de carga debe estar alineada con los objetivos de conservación del área protegida, que determinan su categoría de manejo y las actividades permitidas en su interior. Debido a que cada sitio presenta particularidades ecológicas y sociales, su capacidad de carga debe evaluarse de manera específica y contextualizada.

No obstante, esta herramienta no debe considerarse como una solución definitiva a los problemas de uso del territorio, pues las decisiones de gestión están condicionadas por intereses y presiones externas que pueden distorsionar su aplicación. En el caso particular de este proyecto, al ubicarse dentro de un área natural protegida, la significancia de los impactos también fue evaluada en relación con su posible afectación a la capacidad de asimilación, recuperación y renovación de los recursos naturales del entorno.

En el caso del presente proyecto, que colinda con un área natural protegida, la evaluación de la significancia de los impactos ambientales se realizó considerando su posible influencia sobre la capacidad de asimilación, recuperación y renovación de los recursos naturales presentes en el área de influencia. Esta aproximación busca garantizar que las funciones ecosistémicas no se vean comprometidas más allá de su umbral de resiliencia.

[15] Cifuentes, M.1992. Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas. Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza Catie. Turrialba, Costa Rica.

Matriz 5. 3. Matriz de índice de incidencia de impactos. n = negativo. p = positivo. NS = no significativo. S = significativo.

Factor	Impacto	Clave	Signo del efecto	Consecuencia (C)	Acumulación (A)	Sinergia (S)	Plazo o Temporalidad (T)	Reversibilidad (Rv)	Riesgo de ocurrencia (O)	Duración (D)	Recuperabilidad (Rc)	Extensión (E)	Incidencia	Índice de incidencia	Significancia
Aire	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes	Ai1	-	3	3	3	2	1	3	3	1	2	21	0.67	NS
	Deterioro de la calidad por dispersión de partículas	Ai2	-	3	3	3	2	1	3	1	1	1	18	0.50	NS
	Incremento en los niveles de ruido	Ai3	-	3	3	3	2	1	3	3	1	2	21	0.67	NS
	Alteración del microclima	Ai4	-	3	3	3	3	2	3	3	1	2	23	0.78	S
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	Ag1	-	3	3	3	2	1	2	1	1	2	18	0.50	NS
	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina	Ag2	-	3	3	3	3	2	2	3	1	3	23	0.78	S
	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	Ag3	+/-	3	3	3	3	2	3	3	1	1	22	0.72	S
	Cambio de la oferta hídrica	Ag4	+	3	1	1	3	1	3	3	1	1	17	0.44	NS
	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	Ag5	-	3	3	3	3	2	3	3	1	1	22	0.72	S
Suelo	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	Su1	-	3	3	3	2	1	2	1	1	2	18	0.50	NS
	Alteración de la estructura	Su2	-	3	3	3	3	2	3	3	1	1	22	0.72	S
Geoforma	Alteración de los procesos morfodinámicos	Go1	-	3	3	3	2	2	3	3	1	2	22	0.72	S
	Alteración de la topografía	Go2	-	3	3	3	2	2	3	3	1	1	21	0.67	NS
Flora	Alteración en la composición de las especies	Fl1	+/-	3	3	3	2	2	3	3	1	2	22	0.72	S
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	Fl2	+/-	3	3	3	2	2	2	3	1	2	21	0.67	NS

Factor	Impacto	Clave	Signo del efecto	Consecuencia (C)	Acumulación (A)	Sinergia (S)	Plazo o Temporalidad (T)	Reversibilidad (Rv)	Riesgo de ocurrencia (O)	Duración (D)	Recuperabilidad (Rc)	Extensión (E)	Incidencia	Índice de incidencia	Significancia
Fauna	Alteración en la composición de las especies	Fa1	+/-	3	3	3	2	2	3	3	1	2	22	0.72	S
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	Fa2	+/-	3	3	3	2	2	2	3	1	2	21	0.67	NS
	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	Fa3	+/-	3	3	3	2	2	3	3	1	2	22	0.72	S
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	Eco1	+/-	3	3	3	3	3	3	3	3	2	26	0.94	S
	Modificación y fragmentación del hábitat	Eco2	+/-	3	3	3	3	3	3	3	3	2	26	0.94	S
	Modificación de los servicios ambientales	Eco3	+/-	1	3	3	3	3	3	3	3	2	24	0.83	S
Ecosistemas acuáticos	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	Eco4	-	3	3	3	3	2	2	3	1	2	22	0.72	S
	Alteración de la comunidad bentónica	Eco5	-	3	3	3	3	2	2	3	1	2	22	0.72	S
	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos	Eco6	-	1	3	3	3	2	2	3	1	2	20	0.61	NS
	Afectación de manglares	Eco7	-	1	3	3	2	2	1	1	1	3	17	0.44	NS
Paisaje	Alteración de la calidad visual	Pa1	+/-	3	3	3	3	3	3	3	3	2	26	0.94	S
Dinámica económica	Incremento de la oferta de empleo	De1	+	1	1	3	3	1	3	3	1	2	18	0.50	NS
	Incremento en la demanda de bienes y servicios	De2	+	1	1	3	3	1	3	3	1	3	19	0.56	NS
	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia	De3	-	1	3	3	2	2	2	3	1	3	20	0.61	NS
Demografía	Incremento de la población permanente y flotante	D1	+/-	1	1	3	3	2	3	3	1	3	20	0.61	NS
	Cambio en los fenómenos de inmigración	D2	+/-	1	1	3	3	2	3	3	1	3	20	0.61	NS
Movilidad	Aumento en el flujo vehicular	Mo1	-	1	3	3	3	2	3	3	1	2	21	0.67	NS

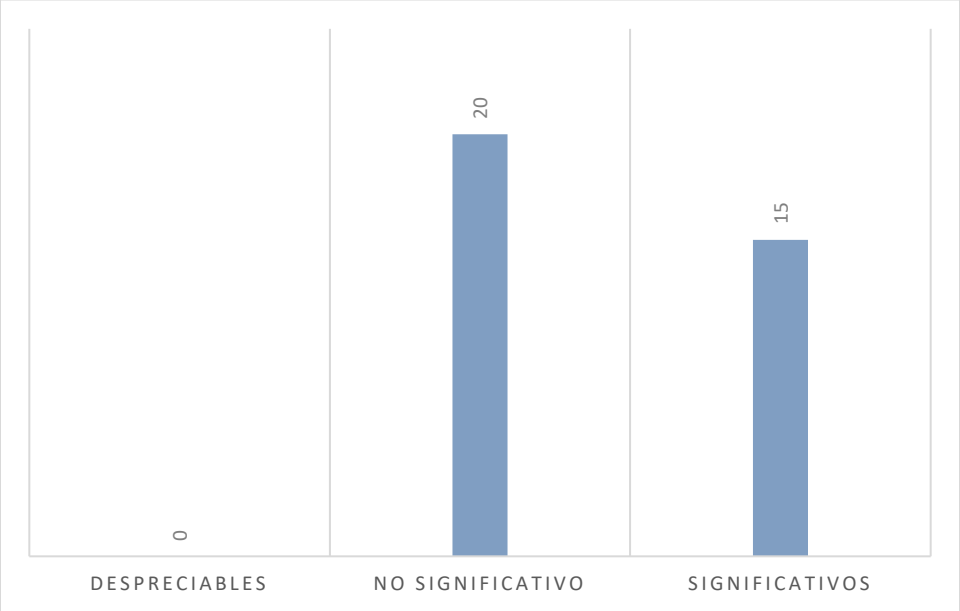
Factor	Impacto	Clave	Signo del efecto	Consecuencia (C)	Acumulación (A)	Sinergia (S)	Plazo o Temporalidad (T)	Reversibilidad (Rv)	Riesgo de ocurrencia (O)	Duración (D)	Recuperabilidad (Rc)	Extensión (E)	Incidencia	Índice de incidencia	Significancia
Infraestructura	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales	Sp1	-	1	3	3	3	2	3	3	1	2	21	0.67	NS
Cultura	Cambio en el patrón de uso de recursos	Cu1	-	1	1	1	3	3	2	3	3	3	20	0.61	NS
	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico	Cu2	-	1	1	1	1	3	1	3	3	2	16	0.39	NS

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de impactos

A partir de los datos obtenidos de la matriz de índice de incidencia de impactos, tanto negativos como positivos, se identificó que, 42.86% fueron valorados como significativos, 57.14% como no significativos y 0% como despreciables (Gráfica 5.11).

Gráfica 5.11. Número de impactos (negativos/positivos) de acuerdo a su significancia.



Fuente: Elaboración propia.

Los impactos valorados como significativos se presentan de manera simplificada en la Tabla 5.7.

Tabla 5.7. Impactos identificados como significativos y su signo de efecto.

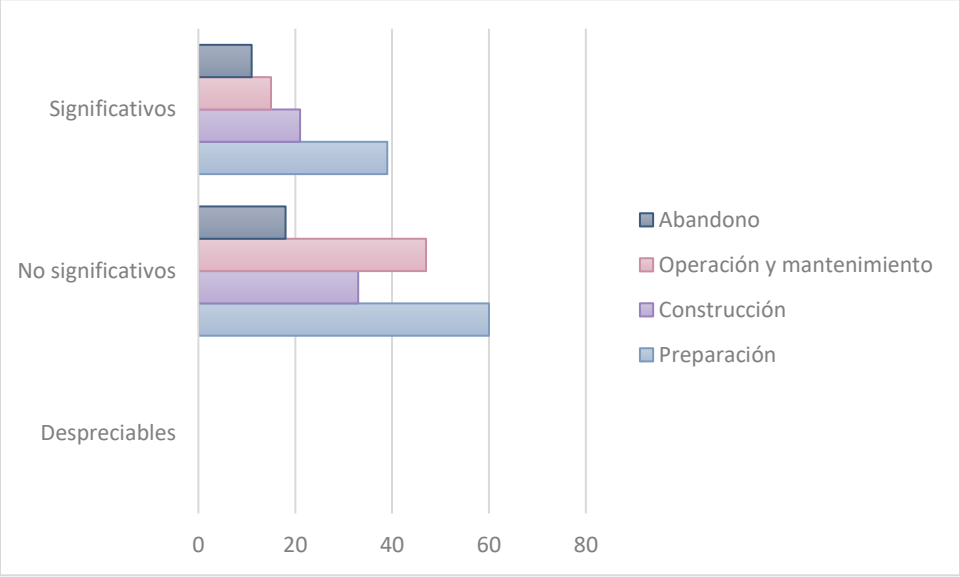
Factor	Impacto	Signo del efecto
Aire	Alteración del microclima	-
Agua	**Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina**	-
	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	-/+
	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	-
Suelo	Alteración de la estructura	-
Geoforma	Alteración de los procesos morfodinámicos	-
Flora	Alteración en la composición de las especies	-/+
Fauna	Alteración en la composición de las especies	-/+
	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	-/+

Factor	Impacto	Signo del efecto
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	-/+
	Modificación y fragmentación del hábitat	-/+
	Modificación de los servicios ambientales	-/+
Ecosistemas acuáticos	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	-
	Alteración de la comunidad bentónica	-
Paisaje	Alteración de la calidad visual	-/+

Fuente: Elaboración propia, extracto tomado de la Matriz 5.3.

En lo que respecta a la distribución de impactos por etapa del proyecto, el análisis indica que durante la fase de preparación es posible la generación de 39 impactos considerados significativos y 60 impactos clasificados como no significativos. En la etapa de construcción, se estiman 21 impactos significativos y 33 no significativos. Por su parte, la fase de operación y mantenimiento contempla 15 impactos significativos y 47 no significativos, mientras que en la etapa de abandono se identifican 11 impactos significativos y 18 no significativos (Gráfica 5.12).

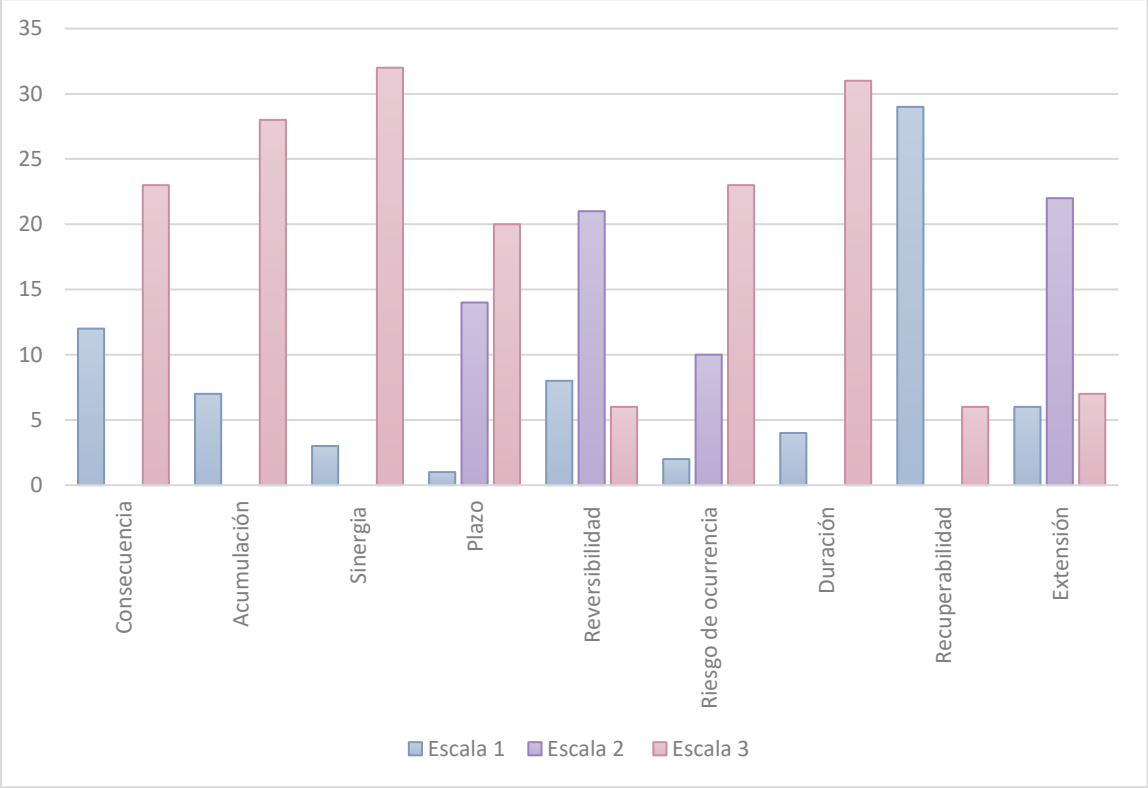
Gráfica 5.12. Número de impactos (negativos/positivos) de acuerdo a su significancia por etapa del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente gráfica se presenta la distribución de impactos por atributo y severidad conforme a escala de valoración.

Gráfica 5.13. Número de impactos (negativos/positivos) por atributo y severidad conforme a escala de valoración.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta el análisis de los impactos por atributo de valoración.

Consecuencia

- El 65.7%, es decir 23 impactos, fueron valorados como directos.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Consecuencia (C)
Aire	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes	-	3
	Deterioro de la calidad por dispersión de partículas	-	3
	Incremento en los niveles de ruido	-	3
	Alteración del microclima	-	3
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	-	3
	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina	-	3
	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	+/-	3
	Cambio de la oferta hídrica	+	3
	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	-	3
Suelo	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	-	3
	Alteración de la estructura	-	3
Geoforma	Alteración de los procesos morfodinámicos	-	3

Factor	Impacto	Signo del efecto	Consecuencia (C)
	Alteración de la topografía	-	3
Flora	Alteración en la composición de las especies	+/-	3
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	3
Fauna	Alteración en la composición de las especies	+/-	3
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	3
	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	+/-	3
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	+/-	3
	Modificación y fragmentación del hábitat	+/-	3
Ecosistemas acuáticos	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	-	3
	Alteración de la comunidad bentónica	-	3
Paisaje	Alteración de la calidad visual	+/-	3

- El 34.3%, es decir 12 impactos, fueron valorados como indirectos.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Consecuencia (C)
Ecosistemas terrestres	Modificación de los servicios ambientales	+/-	1
Ecosistemas acuáticos	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos	-	1
	Afectación de manglares	-	1
Dinámica económica	Incremento de la oferta de empleo	+	1
	Incremento en la demanda de bienes y servicios	+	1
	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia	-	1
Demografía	Incremento de la población permanente y flotante	+/-	1
	Cambio en los fenómenos de inmigración	+/-	1
Movilidad	Aumento en el flujo vehicular	-	1
Infraestructura	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales	-	1
Cultura	Cambio en el patrón de uso de recursos	-	1
	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico	-	1

Acumulación

- El 80%, es decir 28 impactos, fueron valorados como acumulativos.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Acumulación (A)
Aire	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes	-	3
	Deterioro de la calidad por dispersión de partículas	-	3
	Incremento en los niveles de ruido	-	3
	Alteración del microclima	-	3
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	-	3
	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina	-	3
	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	+/-	3
	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	-	3

Factor	Impacto	Signo del efecto	Acumulación (A)
Suelo	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	-	3
	Alteración de la estructura	-	3
Geoforma	Alteración de los procesos morfodinámicos	-	3
	Alteración de la topografía	-	3
Flora	Alteración en la composición de las especies	+/-	3
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	3
Fauna	Alteración en la composición de las especies	+/-	3
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	3
	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	+/-	3
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	+/-	3
	Modificación y fragmentación del hábitat	+/-	3
	Modificación de los servicios ambientales	+/-	3
Ecosistemas acuáticos	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	-	3
	Alteración de la comunidad bentónica	-	3
	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos	-	3
	Afectación de manglares	-	3
Paisaje	Alteración de la calidad visual	+/-	3
Dinámica económica	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia	-	3
Movilidad	Aumento en el flujo vehicular	-	3
Infraestructura	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales	-	3

- El 20%, es decir 7 impactos, fueron valorados como simples (no acumulativos).

Factor	Impacto	Signo del efecto	Acumulación (A)
Dinámica económica	Incremento de la oferta de empleo	+	1
	Incremento en la demanda de bienes y servicios	+	1
Demografía	Incremento de la población permanente y flotante	+/-	1
	Cambio en los fenómenos de inmigración	+/-	1
Cultura	Cambio en el patrón de uso de recursos	-	1
	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico	-	1

Sinergia

- El 91.4%, es decir 32 impactos, fueron valorados como sinérgicos.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Sinergia (S)
Aire	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes	-	3
	Deterioro de la calidad por dispersión de partículas	-	3
	Incremento en los niveles de ruido	-	3
	Alteración del microclima	-	3
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	-	3

Factor	Impacto	Signo del efecto	Sinergia (S)
	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina	-	3
	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	+/-	3
	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	-	3
Suelo	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	-	3
	Alteración de la estructura	-	3
Geoforma	Alteración de los procesos morfodinámicos	-	3
	Alteración de la topografía	-	3
Flora	Alteración en la composición de las especies	+/-	3
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	3
Fauna	Alteración en la composición de las especies	+/-	3
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	3
	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	+/-	3
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	+/-	3
	Modificación y fragmentación del hábitat	+/-	3
	Modificación de los servicios ambientales	+/-	3
Ecosistemas acuáticos	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	-	3
	Alteración de la comunidad bentónica	-	3
	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos	-	3
	Afectación de manglares	-	3
Paisaje	Alteración de la calidad visual	+/-	3
Dinámica económica	Incremento de la oferta de empleo	+	3
	Incremento en la demanda de bienes y servicios	+	3
	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia	-	3
Demografía	Incremento de la población permanente y flotante	+/-	3
	Cambio en los fenómenos de inmigración	+/-	3
Movilidad	Aumento en el flujo vehicular	-	3
Infraestructura	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales	-	3

- El 8.57%, es decir 3 impactos, fueron valorados como no sinérgicos.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Sinergia (S)
Agua	Cambio de la oferta hídrica	+	1
Cultura	Cambio en el patrón de uso de recursos	-	1
	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico	-	1

Plazo o Temporalidad

- El 57.1%, es decir 20 impactos, fueron valorados con un plazo o temporalidad larga.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Plazo o Temporalidad (T)
Aire	Alteración del microclima	-	3
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina	-	3

Factor	Impacto	Signo del efecto	Plazo o Temporalidad (T)
	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	+/-	3
	Cambio de la oferta hídrica	+	3
	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	-	3
Suelo	Alteración de la estructura	-	3
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	+/-	3
	Modificación y fragmentación del hábitat	+/-	3
	Modificación de los servicios ambientales	+/-	3
Ecosistemas acuáticos	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	-	3
	Alteración de la comunidad bentónica	-	3
	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos	-	3
	Afectación de manglares	-	2
Paisaje	Alteración de la calidad visual	+/-	3
Dinámica económica	Incremento de la oferta de empleo	+	3
	Incremento en la demanda de bienes y servicios	+	3
Demografía	Incremento de la población permanente y flotante	+/-	3
	Cambio en los fenómenos de inmigración	+/-	3
Movilidad	Aumento en el flujo vehicular	-	3
Infraestructura	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales	-	3
Cultura	Cambio en el patrón de uso de recursos	-	3

- El 40%, es decir 14 impactos, fueron valorados con un plazo o temporalidad media.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Plazo o Temporalidad (T)
Aire	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes	-	2
	Deterioro de la calidad por dispersión de partículas	-	2
	Incremento en los niveles de ruido	-	2
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	-	2
Suelo	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	-	2
Geoforma	Alteración de los procesos morfodinámicos	-	2
	Alteración de la topografía	-	2
Flora	Alteración en la composición de las especies	+/-	2
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	2
Fauna	Alteración en la composición de las especies	+/-	2
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	2
	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	+/-	2
Ecosistemas acuáticos	Afectación de manglares	-	2
Dinámica económica	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia	-	2

- El 2.86%, es decir 1 impactos, fue valorado con un plazo o temporalidad corta.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Plazo o Temporalidad (T)
Cultura	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico	-	1

Reversibilidad

- El 17.1%, es decir 6 impactos, fueron valorados como irreversibles.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Reversibilidad (Rv)
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	+/-	3
	Modificación y fragmentación del hábitat	+/-	3
	Modificación de los servicios ambientales	+/-	3
Paisaje	Alteración de la calidad visual	+/-	3
Cultura	Cambio en el patrón de uso de recursos	-	3
	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico	-	3

- El 60%, es decir 21 impactos, fueron valorados con reversibilidad intermedia.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Reversibilidad (Rv)
Aire	Alteración del microclima	-	2
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina	-	2
	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	+/-	2
	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	-	2
Suelo	Alteración de la estructura	-	2
Geoforma	Alteración de los procesos morfodinámicos	-	2
	Alteración de la topografía	-	2
Flora	Alteración en la composición de las especies	+/-	2
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	2
Fauna	Alteración en la composición de las especies	+/-	2
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	2
	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	+/-	2
Ecosistemas acuáticos	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	-	2
	Alteración de la comunidad bentónica	-	2
	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos	-	2
	Afectación de manglares	-	2
Dinámica económica	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia	-	2
Demografía	Incremento de la población permanente y flotante	+/-	2
	Cambio en los fenómenos de inmigración	+/-	2
Movilidad	Aumento en el flujo vehicular	-	2
Infraestructura	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales	-	2

- El 22.9%, es decir 8 impactos, fueron valorados como reversibles.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Reversibilidad (Rv)
Aire	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes	-	1
	Deterioro de la calidad por dispersión de partículas	-	1
	Incremento en los niveles de ruido	-	1
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	-	1
	Cambio de la oferta hídrica	+	1
Suelo	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	-	1
Dinámica económica	Incremento de la oferta de empleo	+	1
	Incremento en la demanda de bienes y servicios	+	1

Riesgo de ocurrencia

- El 65.7%, es decir 23 impactos, fueron valorados con riesgo de ocurrencia como de muy probable.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Riesgo de ocurrencia (O)
Aire	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes	-	3
	Deterioro de la calidad por dispersión de partículas	-	3
	Incremento en los niveles de ruido	-	3
	Alteración del microclima	-	3
Agua	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	+/-	3
	Cambio de la oferta hídrica	+	3
	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	-	3
Suelo	Alteración de la estructura	-	3
Geoforma	Alteración de los procesos morfodinámicos	-	3
	Alteración de la topografía	-	3
Flora	Alteración en la composición de las especies	+/-	3
Fauna	Alteración en la composición de las especies	+/-	3
	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	+/-	3
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	+/-	3
	Modificación y fragmentación del hábitat	+/-	3
	Modificación de los servicios ambientales	+/-	3
Paisaje	Alteración de la calidad visual	+/-	3
Dinámica económica	Incremento de la oferta de empleo	+	3
	Incremento en la demanda de bienes y servicios	+	3
Demografía	Incremento de la población permanente y flotante	+/-	3
	Cambio en los fenómenos de inmigración	+/-	3
Movilidad	Aumento en el flujo vehicular	-	3
Infraestructura	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales	-	3

- El 28.6%, es decir 10 impactos, fueron valorados con riesgo de ocurrencia como de probable.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Riesgo de ocurrencia (O)
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	-	2
	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina	-	2
Suelo	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	-	2
Flora	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	2
Fauna	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	2
Ecosistemas acuáticos	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	-	2
	Alteración de la comunidad bentónica	-	2
	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos	-	2
Dinámica económica	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia	-	2
Cultura	Cambio en el patrón de uso de recursos	-	2

- El 5.71%, es decir 2 impactos, fueron valorados con riesgo de ocurrencia como de poco probable.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Riesgo de ocurrencia (O)
Ecosistemas acuáticos	Afectación de manglares	-	1
Cultura	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico	-	1

Duración

- El 88.6%, es decir 31 impactos, fueron valorados como permanentes.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Duración (D)
Aire	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes	-	3
	Incremento en los niveles de ruido	-	3
	Alteración del microclima	-	3
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina	-	3
	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	+/-	3
	Cambio de la oferta hídrica	+	3
	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	-	3
Suelo	Alteración de la estructura	-	3
Geoforma	Alteración de los procesos morfodinámicos	-	3
	Alteración de la topografía	-	3
Flora	Alteración en la composición de las especies	+/-	3
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	3
Fauna	Alteración en la composición de las especies	+/-	3
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	3

Factor	Impacto	Signo del efecto	Duración (D)
	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	+/-	3
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	+/-	3
	Modificación y fragmentación del hábitat	+/-	3
	Modificación de los servicios ambientales	+/-	3
Ecosistemas acuáticos	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	-	3
	Alteración de la comunidad bentónica	-	3
	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos	-	3
	Afectación de manglares	-	1
Paisaje	Alteración de la calidad visual	+/-	3
Dinámica económica	Incremento de la oferta de empleo	+	3
	Incremento en la demanda de bienes y servicios	+	3
	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia	-	3
Demografía	Incremento de la población permanente y flotante	+/-	3
	Cambio en los fenómenos de inmigración	+/-	3
Movilidad	Aumento en el flujo vehicular	-	3
Infraestructura	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales	-	3
Cultura	Cambio en el patrón de uso de recursos	-	3
	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico	-	3

- El 11.4%, es decir 4 impactos, fueron valorados como temporales.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Duración (D)
Aire	Deterioro de la calidad por dispersión de partículas	-	1
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	-	1
Suelo	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	-	1
Ecosistemas acuáticos	Afectación de manglares	-	1

Recuperabilidad

- El 17.1%, es decir 6 impactos, fueron valorados como irrecuperables.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Recuperabilidad (Rc)
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	+/-	3
	Modificación y fragmentación del hábitat	+/-	3
	Modificación de los servicios ambientales	+/-	3
Paisaje	Alteración de la calidad visual	+/-	3
Cultura	Cambio en el patrón de uso de recursos	-	3
	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico	-	3

- El 82.9%, es decir 29 impactos, fueron valorados como recuperables.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Recuperabilidad (Rc)
Aire	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes	-	1
	Deterioro de la calidad por dispersión de partículas	-	1
	Incremento en los niveles de ruido	-	1
	Alteración del microclima	-	1
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	-	1
	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina	-	1
	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	+/-	1
	Cambio de la oferta hídrica	+	1
	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	-	1
Suelo	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	-	1
	Alteración de la estructura	-	1
Geoforma	Alteración de los procesos morfodinámicos	-	1
	Alteración de la topografía	-	1
Flora	Alteración en la composición de las especies	+/-	1
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	1
Fauna	Alteración en la composición de las especies	+/-	1
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	1
	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	+/-	1
Ecosistemas acuáticos	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	-	1
	Alteración de la comunidad bentónica	-	1
	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos	-	1
	Afectación de manglares	-	1
Dinámica económica	Incremento de la oferta de empleo	+	1
	Incremento en la demanda de bienes y servicios	+	1
	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia	-	1
Demografía	Incremento de la población permanente y flotante	+/-	1
	Cambio en los fenómenos de inmigración	+/-	1
Movilidad	Aumento en el flujo vehicular	-	1
Infraestructura	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales	-	1

Extensión

- El 20%, es decir 7 impactos, fueron valorados con una extensión regional.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Extensión (E)
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina	-	3
Ecosistemas acuáticos	Afectación de manglares	-	3
Dinámica económica	Incremento en la demanda de bienes y servicios	+	3
	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia	-	3
Demografía	Incremento de la población permanente y flotante	+/-	3

Factor	Impacto	Signo del efecto	Extensión (E)
	Cambio en los fenómenos de inmigración	+/-	3
Cultura	Cambio en el patrón de uso de recursos	-	3

- El 62.9%, es decir 22 impactos, fueron valorados con una extensión local.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Extensión (E)
Aire	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes	-	2
	Incremento en los niveles de ruido	-	2
	Alteración del microclima	-	2
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	-	2
Suelo	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	-	2
Geoforma	Alteración de los procesos morfodinámicos	-	2
Flora	Alteración en la composición de las especies	+/-	2
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	2
Fauna	Alteración en la composición de las especies	+/-	2
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	+/-	2
	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	+/-	2
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	+/-	2
	Modificación y fragmentación del hábitat	+/-	2
	Modificación de los servicios ambientales	+/-	2
Ecosistemas acuáticos	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	-	2
	Alteración de la comunidad bentónica	-	2
	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos	-	2
Paisaje	Alteración de la calidad visual	+/-	2
Dinámica económica	Incremento de la oferta de empleo	+	2
Movilidad	Aumento en el flujo vehicular	-	2
Infraestructura	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales	-	2
Cultura	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico	-	2

- El 17.1%, es decir 6 impactos, fueron valorados con una extensión puntual.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Extensión (E)
Aire	Deterioro de la calidad por dispersión de partículas	-	1
Agua	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	+/-	1
	Cambio de la oferta hídrica	+	1
	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	-	1
Suelo	Alteración de la estructura	-	1
Geoforma	Alteración de la topografía	-	1

En la siguiente Matriz 5. 4 se presenta un resumen de impactos significativos para cada fase del proyecto.

Matriz 5. 4. Matriz resumen de impactos significativos para cada fase del proyecto. NS = no significativos. S = significativos.

Factor	Impacto	Preparación						Construcción					Operación y mantenimiento				Abandono	
		Prospección del área	Trazo, nivelación topográfica y delimitación de áreas	Remoción de la cubierta vegetal	Despalme del terreno	Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación)	Habilitación de obras provisionales	Operación de obras provisionales	Construcción de vialidades	Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento	De infraestructura turística y de vivienda	De infraestructura turística	De servicios y equipamiento	De áreas verdes y de conservación	Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura	Restauración del sitio
Aire	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	Deterioro de la calidad por dispersión de partículas		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	Incremento en los niveles de ruido	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Alteración del microclima			S	S				S	S						S
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina												S			
	Alteración del área de recarga del recurso hídrico			S	S	S	S		S	S						S
	Cambio de la oferta hídrica												NS			
	Alteración del patrón de drenaje superficial natural			S	S	S	S		S	S						
Suelo	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Alteración de la estructura			S	S	S	S		S	S						
Geoforma	Alteración de los procesos morfodinámicos			S	S	S	S		S	S						
	Alteración de la topografía			NS	NS	NS	NS		NS	NS						
Flora	Alteración en la composición de las especies	S		S	S	S	S	S			S			S		S
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	NS		NS	NS	NS	NS	NS			NS			NS		NS
Fauna	Alteración en la composición de las especies	S		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	NS		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna			S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Factor	Impacto	Preparación					Construcción					Operación y mantenimiento				Abandono	
		Prospección del área	Trazo, nivelación topográfica y delimitación de áreas	Remoción de la cubierta vegetal	Despalme del terreno	Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación)	Habilitación de obras provisionales	Operación de obras provisionales	Construcción de vialidades	Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento	De infraestructura turística y de vivienda	De infraestructura turística	De servicios y equipamiento	De áreas verdes y de conservación	Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura	Restauración del sitio
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural			S										S		S
	Modificación y fragmentación del hábitat			S			S		S	S						S
	Modificación de los servicios ambientales			S	S									S		S
Ecosistemas acuáticos	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna).												S			
	Alteración de la comunidad bentónica.												S			
	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos.												NS			
	Afectación de manglar								NS	NS			NS			
Paisaje	Alteración de la calidad visual			S			S		S	S						S
Dinámica económica	Incremento de la oferta de empleo	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Incremento en la demanda de bienes y servicios	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia										NS		NS			
Demografía	Incremento de la población permanente y flotante										NS				NS	
	Cambio en los fenómenos de inmigración										NS				NS	
Movilidad	Aumento en el flujo vehicular			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		NS	
Infraestructura	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales							NS			NS					
Cultura	Cambio en el patrón de uso de recursos										NS		NS			
	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico			NS	NS	NS										

Fuente: Elaboración propia.

5.5. DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS

En este apartado se presenta la descripción detallada de los impactos ambientales identificados, con base en los resultados obtenidos del proceso de valoración de la significancia. Para facilitar su análisis y comprensión, los impactos se organizan por factor ambiental afectado y se describen mediante fichas individuales que integran los principales elementos de evaluación.

Cada ficha incluye la siguiente información:

- Nombre del impacto
- Signo del impacto (positivo o negativo)
- Factor ambiental o social afectado
- Valoración de los atributos del impacto (según los criterios establecidos)
- Índice de incidencia
- Nivel de significancia asignado
- Acciones del proyecto que generan el impacto, especificadas por etapa del desarrollo

Además, cada ficha se acompaña de una descripción interpretativa del impacto, sustentada en el análisis cualitativo y cuantitativo de los elementos anteriores, con el fin de contextualizar su relevancia y orientar la toma de decisiones respecto a las medidas de manejo ambiental.

5.5.1. Impactos significativos

5.5.1.1. Subsistema físico natural

Aire

Clave	Impacto			Signo	(-)	Factor afectado	Aire
Ai4	Alteración del microclima						
Valoración de atributos del impacto[16]							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	3	2	3	3	1
Índice de incidencia		0.78		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno		• Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento				• Restauración del sitio	

[16] Consultar Matriz 5. 3. Matriz de índice de incidencia de impactos. **n = negativo. p = positivo. NS = no significativo. S = significativo.**Consultar para referencia de todas las tablas presentadas en este apartado.

Alteración del microclima (acumulativo y sinérgico). La alteración del microclima se considera un efecto ambiental derivado de las actividades contempladas en las etapas de preparación y construcción del proyecto. Este impacto hace referencia a los cambios locales en condiciones atmosféricas cercanas a la superficie terrestre, principalmente en variables como la temperatura, la humedad relativa, la radiación solar y los patrones de viento a microescala. Aunque inicialmente se manifiesta de forma localizada, especialmente en las áreas intervenidas directamente, su carácter acumulativo y sinérgico responde a la interacción de múltiples factores y acciones que inciden en el entorno de forma integrada.

Durante la etapa de preparación del sitio, actividades como la remoción de la cubierta vegetal y el despalme del terreno constituyen los principales factores que inciden en este impacto. La vegetación, al cumplir funciones ecológicas esenciales como la regulación térmica y la humedad mediante la evapotranspiración y el sombreado, al ser retirada, deja el suelo más expuesto a la radiación solar directa. Esto puede generar un aumento en la temperatura superficial del suelo y, en consecuencia, del aire próximo, además de una disminución en la humedad relativa local, al reducirse la liberación de vapor de agua hacia la atmósfera.

Durante la etapa de construcción, la introducción de superficies artificiales como vialidades, plataformas, techos y otras infraestructuras, caracterizadas por su baja permeabilidad y alta capacidad de absorción térmica, tiende a acentuar estos efectos. Esta condición puede contribuir a fenómenos como el efecto de isla de calor, disminución de la transpiración vegetal y alteraciones en los flujos de aire y humedad en las inmediaciones del área intervenida.

En la etapa de abandono, se prevé una tendencia positiva del impacto derivada de las acciones de restauración ecológica planificadas. Estas acciones incluyen la revegetación de áreas transformadas, la adecuación del terreno para favorecer la regeneración natural y la aplicación de medidas para la mejora de las condiciones edáficas.

Agua

Clave	Impacto			Signo	(-)	Factor afectado	Agua
Ag2	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	3	2	2	3	1
Índice de incidencia		0.78		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
				• De servicios y equipamiento (planta de ósmosis inversa)			

Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina (acumulativo y sinérgico). Este impacto puede originarse como resultado de las actividades correspondientes a la etapa de operación y mantenimiento, particularmente por el funcionamiento de la planta de ósmosis inversa y la eventual descarga de salmuera o aguas de rechazo al cuerpo marino receptor. Dichos vertimientos pueden inducir modificaciones en parámetros como la concentración de sales, nutrientes y temperatura, generando alteraciones en el equilibrio fisicoquímico del medio acuático en el entorno inmediato del punto de descarga.

La naturaleza del impacto es directa, al derivarse específicamente de una acción puntual del proyecto, pero también presenta características acumulativas y sinérgicas. Esto se debe a que los efectos de la descarga se suman a otras fuentes de presión ambiental en la región, como vertimientos provenientes de otras infraestructuras o actividades productivas

Desde el punto de vista espacial, el impacto ha sido clasificado con una extensión local, al concentrarse predominantemente en la zona de influencia directa en torno al punto de descarga.

Clave	Impacto			Signo	(-/+)	Factor afectado	Agua
Ag3	Alteración del área de recarga del recurso hídrico						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	3	2	3	3	1
Índice de incidencia		0.72		**Magnitud**		Puntual	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación) • Habilitación de obras provisionales		• Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento				• Restauración del sitio	

<u>Alteración del área de recarga del recurso hídrico (acumulativo y sinérgico).</u> La alteración del área de recarga del recurso hídrico hace referencia a los cambios en la capacidad del suelo y del subsuelo para facilitar la infiltración del agua de lluvia y su posterior incorporación a los acuíferos subterráneos.

Las principales acciones asociadas a este impacto se desarrollan durante las etapas de preparación y construcción del proyecto, en las cuales se contempla la modificación de la cobertura superficial del terreno. Estas intervenciones, al sustituir suelos con alta

permeabilidad por superficies compactadas o impermeables, pueden reducir la infiltración, alterando los flujos naturales del agua hacia el acuífero y modificando la dinámica de recarga. Este impacto se considera acumulativo y sinérgico, ya que sus efectos se suman a otras intervenciones en la región que también afectan la capacidad de recarga.

En la etapa de abandono, se prevé una tendencia positiva del impacto derivada de las acciones de recuperación del área que, entre otras actividades, contemplan la revegetación con especies nativas que favorecen la infiltración del recurso hídrico.

Clave	Impacto			Signo	(-)	Factor afectado	Agua
Ag5	Alteración del patrón de drenaje superficial natural						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	3	2	3	3	1
Índice de incidencia		0.78		**Magnitud**		Puntual	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación) • Habilitación de obras provisionales		• Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento					

<u>Alteración del patrón de drenaje superficial natural (acumulativo y sinérgico).</u> Este impacto se refiere a los posibles cambios en las trayectorias, velocidades y volúmenes del escurrimiento superficial del agua en el sitio del proyecto, como resultado de las modificaciones en el relieve natural, la cobertura vegetal y las propiedades de infiltración del suelo.

Durante la etapa de preparación, actividades como la remoción de la vegetación, el despalme y la conformación del terreno, así como la habilitación de obras provisionales, pueden alterar las condiciones naturales del sitio.

En la etapa de construcción, intervenciones como la construcción de vialidades y la instalación de infraestructura y servicios conllevan transformaciones del relieve y la incorporación de superficies impermeables.

Al tratarse de un fenómeno influenciado por múltiples factores y acumulable con otras intervenciones en el entorno, este impacto se considera de carácter acumulativo y sinérgico.

Es importante destacar que el proyecto cuenta con estudios de línea base sobre los patrones de drenaje superficial existentes en el sitio. Esta información ha sido utilizada como insumo clave para evitar su obstrucción o alteración durante las fases constructivas. Con base en dichos estudios, el diseño del proyecto incorpora medidas específicas orientadas a preservar la integridad de los escurrimientos superficiales naturales y mantener los flujos hidrológicos preexistentes, asegurando así la funcionalidad del sistema hidrológico local y previniendo desequilibrios en el ciclo hídrico.

Suelo

Clave	Impacto			Signo	(-)	Factor afectado	Suelo
Su2	Alteración de la estructura						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	3	2	3	3	1
Índice de incidencia		0.72		**Magnitud**		Puntual	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación) • Habilitación de obras provisionales		• Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento					

<u>Alteración de la estructura (acumulativo y sinérgico).</u> Este impacto se refiere a los cambios en las propiedades físicas del suelo, especialmente en su porosidad, nivel de compactación, estabilidad superficial y capacidad de infiltración. Su origen se vincula principalmente a las actividades de preparación y construcción del proyecto.

Durante la etapa de preparación, actividades como la remoción de la cubierta vegetal, el despalme y la conformación del terreno pueden afectar la estructura superficial del suelo, disminuyendo su integridad y haciéndolo más susceptible a procesos como la compactación y la erosión, tanto hídrica como eólica. La instalación de obras provisionales y el tránsito asociado a esta etapa también pueden contribuir a dicha modificación, al generar condiciones de presión mecánica sobre la superficie del terreno.

En la fase de construcción, la ejecución de obras como vialidades, instalaciones de servicios y equipamiento implica una transformación más intensiva del perfil del suelo. Al tratarse de cambios que pueden coincidir o acumularse con otras acciones en el área de influencia, este impacto se considera de naturaleza acumulativa y sinérgica.

Geoforma

Clave	Impacto			Signo		Factor afectado	
Go1	Alteración de los procesos morfodinámicos				(-)		Geoforma
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	2	2	3	3	1
Índice de incidencia		0.72		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación) • Habilitación de obras provisionales		• Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento					

Alteración de los procesos morfodinámicos (acumulativo y sinérgico). Este impacto hace referencia a los cambios en las dinámicas naturales que modelan el terreno, como la erosión, la sedimentación, el escurrimiento superficial y los procesos de estabilización del suelo, los cuales son resultado de la interacción continua entre agua, viento y gravedad sobre la superficie terrestre.

La posible alteración de estos procesos está asociada a las actividades de preparación y construcción del proyecto, las cuales implican una modificación de la configuración original del sitio. Estas transformaciones pueden influir en el equilibrio físico del terreno y en su estabilidad natural.

Durante la fase de preparación, acciones como la remoción de la vegetación y la conformación del terreno pueden reducir la cobertura natural del suelo, incrementando su exposición a factores erosivos. Asimismo, la habilitación de obras temporales, como los campamentos de obra, puede generar un aumento en el tránsito y en los movimientos de tierra, contribuyendo a una mayor compactación y a la modificación de los flujos superficiales.

En la etapa de construcción, actividades como la instalación de vialidades, servicios y equipamiento implican ajustes en la morfología del terreno, que pueden alterar la continuidad de las pendientes, los patrones de escurrimiento y el transporte de sedimentos. Dado que estas alteraciones pueden coincidir con otros factores de presión en el área, este impacto se considera de carácter acumulativo y sinérgico.

Es importante señalar que, con el propósito de evitar modificaciones innecesarias a los procesos morfodinámicos naturales del sitio, el proyecto ha sido fundamentado en insumos técnicos especializados, entre ellos un levantamiento topográfico detallado y estudios hidrológicos y ecohidrológicos específicos. El levantamiento permitió identificar con precisión las elevaciones, pendientes y características geomorfológicas del terreno, mientras que los estudios hidrológico y ecohidrológico aportaron información sobre los patrones de escurrimiento superficial y caudal ecológico, proporcionando insumos estratégicos para el diseño de la infraestructura propuesta. De esta manera, el proyecto incorpora de manera preventiva criterios de compatibilidad morfodinámica desde su concepción técnica y se garantiza una adecuación armónica de las obras al entorno físico, reduciendo significativamente el impacto sobre el equilibrio geomorfológico e hidrológico de la zona.

Flora

Clave	Impacto			Signo	(-/+)	Factor afectado	Flora
Fl1	Alteración en la composición de las especies						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	2	2	3	3	1
Índice de incidencia		0.72		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Prospección del área para rescate y reubicación de especies • Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación) • Habilitación de obras provisionales		• Operación de obras provisionales		• De infraestructura turística y de vivienda • De áreas verdes y de conservación		• Restauración del sitio	

<u>Alteración en la composición de las especies (acumulativo y sinérgico).</u> Este impacto hace referencia a los posibles cambios en la estructura florística del sitio como resultado de las distintas etapas del proyecto: preparación, construcción, operación y mantenimiento, y abandono. Si bien gran parte del impacto está relacionado con la remoción de vegetación y los procesos de urbanización, también se reconocen efectos positivos derivados de las acciones de manejo ambiental contempladas en el proyecto, como el rescate de flora y la restauración del sitio.

Durante la etapa de preparación, actividades como la remoción de la cubierta vegetal, el despalme del terreno y la instalación de obras provisionales pueden generar modificaciones directas en los hábitats y microhábitats, afectando la presencia y distribución de algunas especies vegetales. En la fase de construcción, se podrían presentar afectaciones adicionales asociadas al tránsito y operación de maquinaria y personal en zonas sensibles.

En la etapa de operación y mantenimiento, el uso constante de la infraestructura y el manejo de áreas funcionales puede ejercer presión sobre la vegetación, favoreciendo en algunos casos la presencia de especies generalistas o introducidas, y modificando gradualmente la composición original de la flora del sitio.

Sin embargo, el proyecto contempla la implementación de un programa de rescate y reubicación de especies de flora nativa, con valor ecológico o bajo alguna categoría de protección, lo cual representa una medida relevante para mitigar los efectos negativos sobre la biodiversidad vegetal. Este programa considera actividades como la prospección previa, la identificación adecuada de especies, el trasplante en condiciones controladas y el seguimiento posterior, lo que contribuye a preservar parte del capital biológico local.

Asimismo, el mantenimiento de áreas verdes y de conservación durante la operación, y las acciones de restauración ecológica previstas en la etapa de abandono, tienen el potencial de favorecer la regeneración vegetal, contribuyendo de manera positiva a la reconfiguración del paisaje florístico y a la funcionalidad ecológica del sitio.

Por tanto, aunque el impacto presenta características acumulativas y sinérgicas, también incorpora un componente positivo asociado a las medidas de manejo ambiental previstas.

Adicionalmente, como parte del enfoque preventivo y basado en conocimiento del proyecto, se realizó de manera inicial un inventario florístico detallado del área de intervención. Este estudio tuvo como objetivo identificar y documentar la composición vegetal existente, con especial atención en las especies nativas, endémicas y aquellas que se encuentran bajo alguna categoría de protección conforme a la normatividad ambiental vigente. Los resultados de este inventario constituyen un insumo técnico de gran relevancia, ya que permitieron establecer un diagnóstico preciso de la riqueza florística local y sirvieron de base para la toma de decisiones en torno al manejo de la vegetación. Asimismo, facilitaron la planificación de medidas prevención, mitigación y compensación propuesta, garantizando que las intervenciones proyectadas sean ambientalmente responsables y compatibles con la biodiversidad del sitio.

Fauna

Clave	Impacto			Signo	(-/+)	Factor afectado	Fauna
Fa1	Alteración en la composición de las especies						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	2	2	3	3	1
Índice de incidencia		0.72		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Prospección del área para rescate y reubicación de especies • Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación) • Habilitación de obras provisionales		• Operación de obras provisionales • Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento		• De infraestructura turística y de vivienda • De infraestructura vial • De servicios y equipamiento • De áreas verdes y de conservación		• Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura • Restauración del sitio	

Alteración en la composición de las especies (acumulativo y sinérgico). La ejecución del proyecto puede generar cambios en el hábitat de la fauna silvestre, lo que se traduce en modificaciones en la composición y estructura de las comunidades faunísticas presentes en el área de influencia. Este impacto se caracteriza por ser acumulativo y sinérgico, en tanto que los efectos de distintas actividades, distribuidas a lo largo de las fases del proyecto, se combinan y potencian entre sí.

Durante la etapa de preparación, se prevé la implementación de acciones de prospección para el rescate y reubicación de fauna silvestre, las cuales representan un aporte positivo al manejo ambiental del sitio. Estas acciones permiten identificar individuos con valor ecológico o en categoría de protección y facilitar su traslado a zonas más seguras, contribuyendo así a su conservación local. No obstante, esta misma etapa contempla actividades como la remoción de la cubierta vegetal y la habilitación de obras provisionales, las cuales pueden generar efectos adversos al modificar el hábitat, reducir áreas de refugio y alimentación, y provocar el desplazamiento de especies.

En la fase de construcción, el aumento en la actividad humana, el uso de maquinaria y los trabajos en campo podrían generar modificaciones temporales en el entorno que pueden influir en el comportamiento de la fauna silvestre local, particularmente en aquellas especies más sensibles al ruido, las vibraciones y la presencia continua de personas. Si bien se trata

de un efecto asociado a esta etapa, su manejo adecuado puede minimizar impactos directos o interacciones no deseadas. Por ello, se considera importante la implementación de medidas preventivas, protocolos de actuación y acciones de capacitación al personal, con el fin de reducir al mínimo posibles afectaciones a la biodiversidad del sitio.

Durante la etapa de operación y mantenimiento, se prevé que ciertas condiciones asociadas al funcionamiento del proyecto —como la iluminación artificial, el tránsito vehicular, el ruido y la presencia constante de personas— puedan influir en la dinámica natural de la fauna silvestre del entorno. Estos factores podrían generar ajustes en los patrones de comportamiento de algunas especies, particularmente en aquellas más sensibles a perturbaciones antrópicas. Adicionalmente, se reconoce que esta fase podría aumentar la probabilidad de ingreso de especies exóticas o invasoras, lo que plantea un aspecto a considerar en la estrategia de manejo ecológico del sitio.

Sin embargo, también en esta fase se han previsto acciones que pueden tener un efecto positivo sobre el entorno. El mantenimiento de áreas verdes y de conservación puede ofrecer espacios de refugio y alimentación para especies autóctonas, y contribuir a mantener procesos ecológicos como la polinización, la dispersión de semillas y la regulación natural de poblaciones. Estas acciones, si se gestionan adecuadamente, pueden favorecer una paulatina recolonización del área por parte de la fauna desplazada.

En la etapa de abandono, se contempla la implementación de un programa de restauración ecológica integral, orientado a rehabilitar los hábitats alterados. La revegetación con especies nativas y el manejo adaptativo del sitio permitirán restablecer condiciones propicias para la recuperación de las comunidades faunísticas.

En conjunto, si bien el proyecto puede generar impactos sobre la fauna silvestre, las medidas contempladas permiten establecer un escenario de manejo ambiental que minimice riesgos y promueva una recuperación progresiva de los procesos ecológicos en el sitio y su entorno.

Aunado a lo anterior, como parte del enfoque preventivo y fundamentado en el conocimiento del entorno natural, el proyecto incorporó desde su fase inicial la elaboración de un inventario faunístico detallado en el área de intervención. Este estudio tuvo como finalidad identificar y caracterizar la fauna silvestre presente, con énfasis en las especies nativas, endémicas y aquellas sujetas a alguna categoría de protección conforme al marco legal ambiental vigente. Los resultados obtenidos constituyen un insumo técnico clave que permitió establecer un diagnóstico confiable sobre la diversidad faunística del sitio. Esta información sirvió como base para orientar la planificación de acciones de manejo ambiental, asegurando que la ejecución del proyecto sea compatible con la conservación de la biodiversidad local.

Clave	Impacto			Signo	(-/+)	Factor afectado	Fauna
Fa3	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	2	2	3	3	1
Índice de incidencia	0.72			**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación	**Construcción**			**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación) • Habilitación de obras provisionales	• Operación de obras provisionales • Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento			• De infraestructura turística y de vivienda • De infraestructura vial De servicios y equipamiento • De áreas verdes y de conservación		• Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura • Restauración del sitio	

Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna (acumulativo y sinérgico).
Este impacto hace referencia a los posibles cambios en los patrones naturales de comportamiento de las especies faunísticas presentes en el área de influencia del proyecto. Tales comportamientos incluyen aspectos como la alimentación, la reproducción, la comunicación, la migración y el uso del hábitat. Las modificaciones pueden surgir como respuesta a cambios físicos en el entorno, así como a estímulos derivados de la actividad humana, y se caracterizan por su naturaleza acumulativa y sinérgica, ya que los efectos de distintas acciones pueden superponerse o amplificarse con el tiempo.

En la etapa de construcción, el incremento en la intensidad de las labores y el tránsito de maquinaria pueden representar un estímulo adicional que ocasione alteraciones en la comunicación acústica de ciertas especies. De igual forma, la instalación de infraestructura vial puede representar una modificación en la conectividad del paisaje, aunque se prevé que con un diseño adecuado y medidas complementarias, como pasos de fauna, se minimicen los efectos sobre el desplazamiento de organismos.

Durante la fase de operación y mantenimiento, la dinámica cotidiana del proyecto —incluyendo la movilidad vehicular, el uso de iluminación nocturna o la generación de sonidos asociados a la actividad turística o de servicios— puede continuar representando un estímulo externo al que ciertas especies responderán con ajustes en sus hábitos naturales. No obstante, se prevé que el manejo adecuado de áreas verdes, la conservación de corredores ecológicos y la implementación de buenas prácticas ambientales contribuyan a mantener condiciones propicias para que diversas especies puedan continuar utilizando el sitio.

En la etapa de abandono, se prevé una tendencia positiva del impacto derivada de las acciones de recuperación del área que, entre otras actividades, contemplan la revegetación con especies nativas que facilitarán la repoblación faunística.

Ecosistemas terrestres

Clave	Impacto			Signo	(-/+)	Factor afectado	Ecosistemas terrestres
Eco1	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	3	3	3	3	3
Índice de incidencia		0.94		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Remoción de la cubierta vegetal				• De áreas verdes y de conservación		• Restauración del sitio	

Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural (acumulativo, sinérgico y residual). La modificación de la superficie de cobertura vegetal natural se refiere a los cambios en la extensión, distribución y estructura de la vegetación nativa en el área del proyecto y su entorno inmediato. Este impacto se manifiesta principalmente como una reducción de la biomasa vegetal y una alteración en la composición y funcionalidad de los ecosistemas que dependen de esta cobertura.

Durante la etapa de preparación del sitio, la remoción de la vegetación representa la principal acción generadora del impacto. Esta intervención implica la eliminación parcial de la vegetación nativa para habilitar las zonas de desarrollo del proyecto, lo que conlleva una transformación en la estructura física del ecosistema.

En la fase de operación y mantenimiento, la implementación de un sistema integral de manejo de áreas verdes y zonas de conservación permite contrarrestar parte de los efectos iniciales. Estas áreas, gestionadas con criterios de conservación, pueden actuar como refugios de vegetación, facilitando la regeneración de especies nativas y proporcionando funciones ecológicas importantes como la conectividad del hábitat, la regulación térmica y el sustento para fauna silvestre. El mantenimiento de estas zonas puede generar una cobertura vegetal más estable y resiliente dentro del área de influencia del proyecto.

Finalmente, durante la etapa de abandono, la ejecución de un programa de restauración ecológica promueve procesos de regeneración natural asistida. Mediante acciones como la revegetación con especies nativas y la recuperación de la estructura del suelo, es posible favorecer una sucesión ecológica que restaure progresivamente la cobertura vegetal.

En este contexto, aunque la transformación inicial de la vegetación representa un impacto significativo, su tendencia puede revertirse a través de medidas de manejo adecuadas. Las acciones de conservación implementadas durante la operación, permiten inducir una respuesta ecológica positiva que contribuya a la recuperación funcional del ecosistema afectado.

Clave	Impacto			Signo	(-/+)	Factor afectado	Ecosistemas terrestres
Eco2	Modificación y fragmentación del hábitat						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	3	3	3	3	3
Índice de incidencia	0.94			**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación	**Construcción**			**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Remoción de la cubierta vegetal • Habilitación de obras provisionales	• Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento					• Restauración del sitio	

Modificación y fragmentación del hábitat (acumulativo, sinérgico y residual). El impacto asociado a la modificación y fragmentación del hábitat se relaciona con los cambios que pueden presentarse en la configuración del entorno natural, particularmente en lo que respecta a la continuidad física y funcional de los ecosistemas terrestres. Este fenómeno puede observarse principalmente durante las etapas de preparación y construcción del proyecto, en las que se contemplan actividades como la remoción puntual de vegetación, la apertura de vialidades internas y la instalación de infraestructura de servicios.

Durante estas fases, es posible que se generen ajustes en la estructura del hábitat, en función de la transformación localizada del terreno. Estas modificaciones podrían influir en la conectividad ecológica del paisaje, especialmente en áreas donde convergen diversos componentes ambientales. El impacto presenta un carácter acumulativo y sinérgico, al sumarse a otras presiones antrópicas presentes en la región.

No obstante, desde la fase de diseño del proyecto se han incorporado medidas orientadas a mantener la conectividad funcional del sitio, como la conservación de corredores biológicos y la delimitación de áreas de conservación. Asimismo, en la etapa de abandono se contempla la ejecución de acciones de restauración ecológica que buscan favorecer la recuperación progresiva de la vegetación nativa y la reintegración de elementos clave del hábitat, promoviendo con ello condiciones más favorables para la fauna silvestre y la reconstitución de la estructura ecológica del ecosistema.

Clave	Impacto			Signo	(-/+)	Factor afectado	Ecosistemas terrestres
Eco3	Modificación de los servicios ambientales						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
1	3	3	3	3	3	3	3
Índice de incidencia		0.83		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno				• De áreas verdes y de conservación		• Restauración del sitio	

Modificación de los servicios ambientales (acumulativo, sinérgico y residual). El impacto identificado como modificación de los servicios ambientales hace referencia a los cambios en las funciones ecológicas que los ecosistemas terrestres ofrecen a la sociedad, como resultado indirecto de las actividades del proyecto. Este impacto ha sido valorado con efectos diferenciados según la etapa del proyecto, con manifestaciones negativas en fases iniciales y posibles efectos positivos asociados a medidas de manejo implementadas en etapas posteriores.

Durante la etapa de preparación, las actividades como la remoción de la cobertura vegetal y el despalme del terreno pueden generar una disminución en la provisión de diversos servicios ecosistémicos. Este efecto ha sido clasificado como acumulativo y sinérgico, dado que su magnitud puede aumentar al coincidir con otros proyectos o transformaciones previas o previstas en el entorno, y al generarse por la interacción simultánea de múltiples actividades.

En la etapa de operación y mantenimiento, la implementación de estrategias de manejo ambiental que incluyan el mantenimiento de áreas verdes y zonas de conservación puede contribuir a mitigar este impacto. Estas acciones permiten recuperar algunas funciones ecológicas, como la regulación microclimática, la captación de carbono, la infiltración de agua y la generación de hábitats secundarios para la fauna silvestre.

Ecosistemas acuáticos

Clave	Impacto			Signo		Factor afectado	
Eco4	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)				(-)		Ecosistemas acuáticos
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	3	2	2	3	1
Índice de incidencia		0.72		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
				• De servicios y equipamiento (planta de ósmosis inversa)			

Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna) (acumulativo y sinérgico). La alteración de la comunidad pelágica se refiere a los efectos adversos sobre los organismos que habitan la columna de agua marina, particularmente aquellos que conforman los niveles tróficos inferiores y medios, como el fitoplancton, el zooplancton y la ictiofauna asociada. Estas comunidades desempeñan un papel en la productividad primaria del ecosistema y en la estructura de las cadenas alimenticias marinas.

En el contexto del proyecto, este impacto está vinculado principalmente a dos procesos: la captación de agua marina, que puede implicar interacciones físicas con organismos de pequeño tamaño, y la descarga de salmuera, cuya composición y parámetros fisicoquímicos pueden modificar temporalmente las condiciones del medio receptor, particularmente en relación con la salinidad, temperatura y concentración de ciertos compuestos.

Si bien estos procesos son técnicamente controlables, se reconoce que pueden inducir variaciones locales en la estructura y dinámica de las comunidades pelágicas en el área de influencia inmediata. Estas alteraciones, en determinados contextos, podrían reflejarse en cascadas ecológicas que afectan a especies de niveles tróficos superiores o dependientes de la productividad planctónica, como peces pelágicos o filtradores planctívoros.

El impacto ha sido clasificado como local, pero acumulativo y sinérgico, ya que sus efectos se suman a otras presiones preexistentes sobre el medio marino, como vertimientos antropogénicos, pesca e incremento de la temperatura superficial marina.

Clave	Impacto			Signo		Factor afectado	
Eco5	Alteración de la comunidad bentónica				(-)		Ecosistemas acuáticos
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	3	2	2	3	1
Índice de incidencia		0.72		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
				• De servicios y equipamiento (planta de ósmosis inversa)			

Alteración de la comunidad bentónica (acumulativo y sinérgico). La alteración de la comunidad bentónica corresponde a un impacto ambiental que afecta directamente a los organismos que habitan el fondo marino, en particular aquellos asociados a sustratos blandos o consolidados en el entorno inmediato al punto de descarga marina del sistema de ósmosis inversa.

El impacto está principalmente relacionado con la descarga de aguas de rechazo o salmuera, que puede modificar parámetros físico-químicos del agua como la salinidad y la temperatura. Estas alteraciones pueden afectar la estructura y composición de las comunidades bentónicas.

Dado su carácter persistente y su coincidencia espacial con otros factores de presión en el ambiente costero (por ejemplo, otras descargas, sedimentación o contaminación puntual), este impacto ha sido clasificado como acumulativo. Asimismo, su interacción con otros estresores ambientales puede amplificar sus efectos, razón por la cual se considera también sinérgico.

Sin embargo, se reconoce que este tipo de impacto puede ser recuperable, siempre que se implementen medidas adecuadas de manejo ambiental. Entre estas se incluyen el monitoreo continuo de los parámetros fisicoquímicos del agua y de la comunidad bentónica

Paisaje

Clave	Impacto			Signo	(-/+)	Factor afectado	Paisaje
Pa1	Alteración de la calidad visual						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	3	3	3	3	3
Índice de incidencia	0.94			**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación	**Construcción**			**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Remoción de la cubierta vegetal • Habilitación de obras provisionales	• Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento					• Restauración del sitio	

Alteración de la calidad visual (acumulativo, sinérgico y residual). La alteración de la calidad visual del paisaje se refiere a los cambios en la percepción escénica del entorno como resultado de la incorporación de elementos construidos que contrastan con la fisonomía natural del sitio.

Durante la etapa de preparación, actividades como la remoción de la cubierta vegetal y la instalación de obras provisionales generan una modificación perceptible en el paisaje. Estas acciones sustituyen componentes naturales como la vegetación nativa, que contribuye a la textura, color y continuidad visual del entorno, por estructuras temporales de carácter utilitario que pueden diferir marcadamente en forma y materiales.

En la fase de construcción, la transformación del paisaje se hace más evidente con la incorporación de infraestructuras permanentes, como vialidades, instalaciones de servicios y equipamiento. Estos elementos introducen líneas, volúmenes y tonalidades distintas a las del medio natural, modificando la morfología visual y la composición espacial del entorno.

El impacto ha sido considerado acumulativo, ya que se suma a otras intervenciones pasadas o contemporáneas en la región, y sinérgico, por su interacción con otros impactos como la pérdida de cobertura vegetal o la fragmentación del hábitat. Además, presenta un carácter residual, dado que los efectos sobre la calidad visual pueden mantenerse en el largo plazo, incluso tras la conclusión de las obras.

5.5.2. Impactos no significativos

5.5.2.1. Subsistema físico natural

Aire

Clave	Impacto			Signo	(-)	Factor afectado	Aire
Ai1	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	2	1	3	3	1
Índice de incidencia	0.67			**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación	**Construcción**	**Operación y mantenimiento**	**Abandono**
• Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación) • Habilitación de obras provisionales	• Operación de obras provisionales • Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento	• De infraestructura turística y de vivienda • De infraestructura vial De servicios y equipamiento • De áreas verdes y de conservación	• Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura

Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes (acumulativo y sinérgico).
La alteración de la calidad del aire se refiere al incremento en la concentración de contaminantes atmosféricos generado por actividades propias del desarrollo del proyecto, tanto en sus fases iniciales como operativas. Este impacto está vinculado principalmente al uso de maquinaria, transporte de materiales, generación de energía y otras actividades que involucran procesos de combustión.

Durante la etapa de preparación, actividades como la remoción de vegetación, el despalme y la conformación del terreno pueden generar emisiones relacionadas con el tránsito de vehículos, la operación de maquinaria pesada y el uso de generadores eléctricos en obras provisionales. Estas emisiones, aunque temporales, pueden contribuir al aumento local de partículas en suspensión y gases como monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

En la fase de construcción, las emisiones atmosféricas aumentarán debido al mayor uso de equipos motorizados y maquinaria especializada durante la edificación de vialidades e instalaciones. Además, el movimiento continuo de materiales y personal incrementa el tráfico interno, lo que también influye en la calidad del aire en el entorno inmediato.

Durante la etapa de operación y mantenimiento, las fuentes principales de emisión están asociadas a la movilidad vehicular generada por los usuarios de la infraestructura, así como al uso ocasional de equipos de jardinería, sistemas de climatización y plantas de energía de respaldo.

En la fase de abandono, la demolición o retiro de infraestructura puede generar emisiones adicionales, relacionadas principalmente con el uso de maquinaria y el transporte de residuos. Estas emisiones suelen ser puntuales, pero deben ser consideradas en el balance global del proyecto.

Este impacto ha sido clasificado como acumulativo, por su suma a otras fuentes presentes en la región, y sinérgico, debido a su posible interacción con factores otros factores locales.

<table>
<tr><th>Clave</th><th colspan="3">Impacto</th><th>Signo</th><th>(-)</th><th>Factor afectado</th><th>Aire</th></tr>
<tr><td>Ai2</td><td colspan="3">Deterioro de la calidad por dispersión de partículas</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><th colspan="8">Valoración de atributos del impacto</th></tr>
<tr><th>C</th><th>A</th><th>S</th><th>T</th><th>Rv</th><th>O</th><th>D</th><th>Rc</th></tr>
<tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><th colspan="2">Índice de incidencia</th><td colspan="2">0.50</td><th colspan="2">Magnitud</th><td colspan="2">Puntual</td></tr>
<tr><th colspan="8">Acciones generadoras del impacto por etapa</th></tr>
<tr><th colspan="2">Preparación</th><th colspan="2">Construcción</th><th colspan="2">Operación y mantenimiento</th><th colspan="2">Abandono</th></tr>
<tr><td colspan="2">• Trazo, nivelación topográfica y delimitación de áreas
• Remoción de la cubierta vegetal
• Despalme del terreno
• Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación)
• Habilitación de obras provisionales</td><td colspan="2">• Operación de obras provisionales
• Construcción de vialidades
• Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento</td><td colspan="2">• De infraestructura turística y de vivienda
• De infraestructura vial De servicios y equipamiento
• De áreas verdes y de conservación</td><td colspan="2">• Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura</td></tr>
</table>

<u>Deterioro de la calidad por dispersión de partículas (acumulativo y sinérgico).</u> El impacto relacionado con la dispersión de partículas se refiere al incremento de material particulado en suspensión, tanto fino como grueso (PM_{10} y $PM_{2.5}$), generado por actividades vinculadas al desarrollo del proyecto. Este fenómeno puede influir en la calidad del aire del área de intervención y su entorno inmediato, en especial durante los periodos de mayor movimiento de suelo o materiales.

Durante la etapa de preparación, acciones como el trazo, nivelación, remoción de la cubierta vegetal, despalme y conformación del terreno, así como la habilitación de obras provisionales, pueden originar emisiones de polvo y partículas asociadas al tránsito de maquinaria pesada, la manipulación de suelos y la exposición directa de superficies desnudas a condiciones de viento.

En la fase de construcción, el impacto se asocia a la ejecución de excavaciones, corte de terreno, manipulación de materiales pétreos o de construcción, y el movimiento continuo de vehículos y maquinaria.

Durante la etapa de operación y mantenimiento, aunque el nivel de emisión suele ser menor en comparación con las fases anteriores, puede presentarse resuspensión de partículas como resultado del tránsito vehicular sobre vialidades, así como por labores de jardinería y limpieza de superficies abiertas.

En la etapa de abandono, el desmantelamiento, retiro de infraestructura o manejo de escombros puede generar emisiones adicionales de partículas.

Este impacto es considerado acumulativo, ya que se suma a otras fuentes potenciales de partículas en la región, y sinérgico, al amplificarse en interacción con otros factores como condiciones meteorológicas que favorezcan la dispersión aérea,

Clave	**Impacto**			**Signo**		**Factor afectado**	
Ai3	Incremento en los niveles de ruido				(-)		Aire
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	2	1	3	3	1
Índice de incidencia		0.67		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Prospección del área • Trazo, nivelación topográfica y delimitación de áreas • Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación)		• Operación de obras provisionales • Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento		• De infraestructura turística y de vivienda • De infraestructura vial • De servicios y equipamiento • De áreas verdes y de conservación		• Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura • Restauración del sitio	

• Habilitación de obras provisionales			

Incremento en los niveles de ruido (acumulativo y sinérgico). El incremento en los niveles de ruido hace referencia a la generación de emisiones sonoras que superan los niveles de fondo naturales del entorno, como resultado de las actividades vinculadas al desarrollo del proyecto. Aunque este fenómeno es inherente a los procesos constructivos y operativos, se reconoce su potencial para modificar temporalmente la calidad acústica del área, con efectos puntuales sobre la fauna silvestre y, en menor medida, sobre las personas que se encuentren en las cercanías.

Durante la fase de preparación del sitio, actividades como el desmonte, despalme y trazo implican el uso de maquinaria y vehículos, lo que genera emisiones acústicas de carácter intermitente y localizada. En esta etapa, el posible efecto se asocia a una perturbación transitoria que podría inducir cambios en el patrón de actividad o desplazamientos breves de fauna sensible al sonido.

En la fase de construcción, el nivel de ruido se incrementa de manera más sostenida, debido a la operación simultánea de maquinaria pesada y equipos auxiliares, particularmente en la ejecución de obras civiles. No obstante, estos niveles son propios de una fase temporalmente limitada, y su gestión puede optimizarse mediante horarios de trabajo regulados, mantenimiento de equipos y barreras acústicas, en caso necesario.

Durante la etapa de operación y mantenimiento, los niveles sonoros tienden a estabilizarse dentro de umbrales moderados, derivados de la actividad cotidiana del uso turístico y de servicios. Estos ruidos, si bien más constantes, suelen mantenerse dentro de rangos compatibles con zonas de ocupación, siempre que se apliquen buenas prácticas de convivencia y mantenimiento de la infraestructura.

Finalmente, en la etapa de abandono, las labores de desinstalación o restauración podrían implicar nuevas fuentes temporales de ruido, aunque en una escala y duración mucho menores que las fases anteriores.

Este impacto ha sido clasificado como de carácter acumulativo, en tanto se suma a otras fuentes acústicas presentes en el entorno regional, y sinérgico, al interactuar potencialmente con otras perturbaciones. Sin embargo, se trata de un efecto controlable, sujeto a medidas preventivas y de mitigación que forman parte de las acciones de manejo ambiental del proyecto, incluyendo la programación horaria de las actividades, el mantenimiento de maquinaria y la implementación de estrategias de comunicación para minimizar afectaciones en zonas sensibles.

Agua

Clave	Impacto			Signo		Factor afectado	
Ag1	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo				(-)		Agua
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	2	1	2	1	1
Índice de incidencia		0.50		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Prospección del área • Trazo, nivelación topográfica y delimitación de áreas • Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación) • Habilitación de obras provisionales		• Operación de obras provisionales • Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento		• De infraestructura turística y de vivienda • De infraestructura vial • De servicios y equipamiento • De áreas verdes y de conservación		• Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura • Restauración del sitio	

Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo (acumulativo y sinérgico). Este impacto se refiere a los cambios en la calidad del agua subterránea, como resultado de la interacción de diversas actividades del proyecto con el suelo y subsuelo. Las fuentes potenciales de contaminación están asociadas a derrames, infiltraciones y arrastres de contaminantes que alcanzan el acuífero, ya sea de forma puntual o difusa.

Durante la etapa de preparación, acciones como la prospección del área, el trazo y la nivelación del terreno implican la movilización de maquinaria y personal, lo que puede generar residuos líquidos y sólidos. Si estos no se gestionan adecuadamente, existe riesgo de infiltración hacia las capas freáticas. Asimismo, la remoción de la vegetación y la modificación del perfil del suelo mediante excavaciones y compactaciones puede aumentar la vulnerabilidad del acuífero a contaminantes superficiales.

En la etapa de construcción, se incrementa el nivel de interacción con el suelo por la instalación de infraestructura. La manipulación de combustibles, aceites y materiales de obra, pueden ocasionar filtraciones o derrames que afecten la calidad del agua subterránea.

Durante la fase de operación y mantenimiento, el impacto puede mantenerse activo por filtraciones derivadas del funcionamiento de la infraestructura hidráulica y sanitaria, especialmente si no se cuenta con un mantenimiento adecuado. Además, el uso de agroquímicos en áreas verdes puede provocar escurrimientos e infiltraciones que contribuyan a la contaminación difusa del subsuelo, favoreciendo la migración de nutrientes, metales pesados y compuestos orgánicos hacia el acuífero.

En la etapa de abandono, persisten los riesgos si no se implementan medidas adecuadas para la recolección y disposición de residuos sólidos y líquidos derivados del desmontaje de infraestructura.

Este impacto ha sido clasificado como acumulativo y sinérgico, ya que se suma a otras presiones sobre el acuífero presentes en la región y puede amplificarse en combinación con factores como la disminución de la recarga o el incremento en la demanda de agua.

Clave	Impacto			Signo	(+)	Factor afectado	Agua
Ag4	Cambio de la oferta hídrica						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	1	1	3	1	3	3	1
Índice de incidencia		0.44		**Magnitud**		Puntual	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
				• De servicios y equipamiento (planta de ósmosis inversa)			

Cambio de la oferta hídrica. El cambio en la oferta hídrica representa un impacto ambiental con efectos favorables, derivado directamente de la operación de la planta de ósmosis inversa contemplada en la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. Este impacto se traduce en una mejora en la disponibilidad de agua para los usos previstos, sin requerir una extracción directa del acuífero regional, lo que implica una aportación positiva al balance hídrico del área.

Este efecto se considera directo, ya que la producción de agua desalinizada es una consecuencia inmediata del funcionamiento de la planta. Su temporalidad es de largo plazo, al mantenerse durante el ciclo operativo del proyecto, y se considera permanente mientras la infraestructura continúe en funcionamiento. A su vez, se califica como reversible, dado que, en caso de interrupción de la operación, el entorno hidrológico podría retornar a su condición anterior sin requerir medidas de restauración complejas.

En términos espaciales, se trata de un impacto puntual, cuya influencia está principalmente acotada al área de distribución del sistema de agua del proyecto. No obstante, su valor ambiental trasciende a nivel regional al reducir la presión sobre el acuífero costero, contribuyendo de manera indirecta a la conservación de su integridad, al disminuir riesgos como el descenso del nivel freático o la intrusión salina.

Si bien este impacto no se considera sinérgico en el sentido estricto, su implementación genera beneficios complementarios para la sostenibilidad del recurso hídrico, al diversificar las fuentes de abastecimiento y promover una gestión más resiliente frente a escenarios de estrés hídrico. En este sentido, representa una contribución positiva a la seguridad hídrica del área de influencia del proyecto.

Suelo

Clave	Impacto			Signo		Factor afectado	
Su1	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas				(-)		Suelo
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	2	1	2	1	1
Índice de incidencia		0.50		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Prospección del área • Trazo, nivelación topográfica y delimitación de áreas • Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación) • Habilitación de obras provisionales		• Operación de obras provisionales • Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento		• De infraestructura turística y de vivienda • De infraestructura vial • De servicios y equipamiento • De áreas verdes y de conservación		• Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura • Restauración del sitio	

Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas (acumulativo y sinérgico). Este impacto se relaciona con la posible modificación de la calidad del suelo como consecuencia de la generación y manejo inadecuado de residuos sólidos, líquidos, peligrosos y de manejo especial, a lo largo de las diferentes etapas del proyecto. La

acumulación de estos residuos puede inducir procesos de contaminación física, química o microbiológica, alterando las propiedades del mismo.

Durante las fases de preparación y construcción, se prevé la generación de residuos sólidos derivados tanto de la presencia de personal como de las actividades de obra. Entre los residuos más comunes se encuentran papel, envolturas, empaques, contenedores de vidrio, cartón, plástico, metales ligeros y una fracción menor de residuos orgánicos. Asimismo, se generarán residuos propios del proceso constructivo, como madera, plástico de empaque, escombros y otros materiales inertes.

En estas etapas también se identifican residuos peligrosos, producto del uso y mantenimiento de maquinaria y equipo, tales como envases y estopas contaminados con aceites, combustibles, solventes, pinturas y otros compuestos químicos asociados al desarrollo de infraestructura. En caso de no contar con un manejo adecuado, estos residuos podrían filtrarse al suelo y alterar sus propiedades fisicoquímicas.

Durante la etapa de operación y mantenimiento, se prevé la generación de residuos sólidos urbanos vinculados a las actividades habitacionales, comerciales, recreativas y administrativas del proyecto, así como del mantenimiento de áreas verdes.

Finalmente, en la etapa de abandono, el desmantelamiento de la infraestructura generará principalmente residuos de manejo especial, como fragmentos de concreto, restos metálicos, cables, recubrimientos y otros elementos propios de la demolición. Su correcta recolección, clasificación y disposición será importante para evitar impactos sobre el suelo.

Dado que estos efectos pueden sumarse a otros procesos de degradación existentes en la región, el impacto se clasifica como acumulativo y sinérgico.

Geoforma

<table>
<tr><th>Clave</th><th colspan="3">Impacto</th><th>Signo</th><td>(-)</td><th>Factor afectado</th><td>Geoforma</td></tr>
<tr><td>Go2</td><td colspan="3">Alteración de la topografía</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><th colspan="8">Valoración de atributos del impacto</th></tr>
<tr><th>C</th><th>A</th><th>S</th><th>T</th><th>Rv</th><th>O</th><th>D</th><th>Rc</th></tr>
<tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>1</td></tr>
<tr><th colspan="2">Índice de incidencia</th><td colspan="2">0.67</td><th colspan="2">Magnitud</th><td colspan="2">Puntual</td></tr>
<tr><th colspan="8">Acciones generadoras del impacto por etapa</th></tr>
<tr><th colspan="2">Preparación</th><th colspan="2">Construcción</th><th colspan="2">Operación y mantenimiento</th><th colspan="2">Abandono</th></tr>
<tr><td colspan="2">• Remoción de la cubierta vegetal
• Despalme del terreno
• Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación)</td><td colspan="2">• Construcción de vialidades
• Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

• Habilitación de obras provisionales			

Alteración de la topografía (acumulativo y sinérgico). Este impacto se refiere a la modificación de las formas naturales del relieve del terreno como resultado de actividades que implican remoción, corte, relleno o redistribución de materiales superficiales.

Durante la etapa de preparación, acciones como la remoción de la cubierta vegetal, el despalme del terreno y su posterior conformación mediante excavaciones, nivelaciones, rellenos y compactaciones constituyen las principales fuentes del impacto.

En la etapa de construcción, la ejecución de vialidades y la instalación de servicios y equipamiento profundizan la transformación topográfica. La necesidad de generar plataformas niveladas, realizar cortes o zanjas, y adaptar el terreno para fines constructivos puede interrumpir la continuidad del relieve.

El impacto se considera acumulativo y sinérgico, ya que los cambios en la topografía se suman a otras intervenciones antrópicas en el entorno y pueden potenciarse cuando coinciden con otras alteraciones en el uso del suelo o en la cobertura vegetal. Su extensión es puntual, dado que las modificaciones ocurren dentro de áreas delimitadas del proyecto, sin efectos directos sobre el relieve natural fuera de la zona de intervención.

Flora

Clave	Impacto			Signo	(+/-)	Factor afectado	Flora
FI2	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	2	2	2	3	1
Índice de incidencia		0.67		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Prospección del área • Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación)		• Operación de obras provisionales		• De infraestructura turística y de vivienda • De áreas verdes y de conservación		• Restauración del sitio	

• Habilitación de obras provisionales			

Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas (acumulativo y sinérgico). Este impacto se refiere a los posibles cambios en la cantidad de individuos y la composición florística, particularmente en lo que respecta a especies nativas, endémicas o bajo alguna categoría de protección conforme a la legislación ambiental vigente, como la NOM-059-SEMARNAT-2010. Tales variaciones pueden derivarse de las actividades asociadas a las distintas etapas del proyecto, en especial aquellas que implican intervención directa sobre la cobertura vegetal natural.

Durante la fase de preparación, actividades como la remoción de vegetación, el despalme del terreno y la nivelación del sitio pueden generar modificaciones en la estructura florística, afectando algunos ejemplares de especies relevantes desde el punto de vista de la conservación. No obstante, el proyecto contempla desde sus primeras fases la ejecución de un programa de prospección y rescate de flora, orientado a la reubicación o conservación ex situ de especies de interés, lo cual representa una medida de manejo que permite minimizar afectaciones y preservar el valor ecológico del sitio.

En la etapa de construcción, ciertas acciones puntuales —como la habilitación de obras provisionales o el tránsito de maquinaria— podrían influir sobre áreas de vegetación remanente, por lo que se han considerado medidas de control para limitar dicha interacción.

Durante la operación y mantenimiento, aunque se anticipa un uso constante de la infraestructura, el proyecto incluye el mantenimiento activo de áreas verdes y zonas de conservación, las cuales funcionan como elementos integradores del paisaje y refugio para la regeneración natural. De manera complementaria, las acciones de restauración ecológica previstas para la etapa de abandono fortalecerán la reconfiguración del mosaico vegetal.

Adicionalmente, se destaca que como parte del enfoque preventivo y basado en conocimiento, se realizó un inventario florístico detallado en el área del proyecto, cuyo objetivo fue identificar la composición de especies con especial atención en aquellas con valor ambiental. Este diagnóstico sirvió como base técnica para orientar decisiones sobre el manejo de la vegetación y fundamentar la planificación de medidas de prevención, mitigación y compensación, contribuyendo a asegurar que las intervenciones se lleven a cabo de manera responsable y en armonía con la biodiversidad del sitio.

Fauna

Clave	Impacto			Signo	(+/-)	Factor afectado	Fauna
Fa2	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
3	3	3	2	2	2	3	1
Índice de incidencia		0.67		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Prospección del área para rescate y reubicación de especies • Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación) • Habilitación de obras provisionales		• Operación de obras provisionales • Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento		• De infraestructura turística y de vivienda • De infraestructura vial • De servicios y equipamiento • De áreas verdes y de conservación		• Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura • Restauración del sitio	

Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas (acumulativo y sinérgico). Este impacto hace referencia a los posibles cambios en la composición, abundancia y distribución de fauna silvestre, en particular de aquellas especies clasificadas bajo alguna categoría de protección oficial o que presentan endemismo local, como resultado de las distintas actividades del proyecto a lo largo de su ciclo de vida. Dichas variaciones pueden estar asociadas principalmente a modificaciones en el hábitat y a factores de perturbación derivados de la presencia humana.

Durante la etapa de preparación, actividades como la remoción de vegetación, el despalme y la conformación del terreno pueden modificar temporalmente la estructura del hábitat, reduciendo la disponibilidad de sitios de refugio, anidación y alimentación. Estas condiciones pueden inducir ajustes en los patrones de desplazamiento o comportamiento de ciertas especies, en especial de aquellas más sensibles a la perturbación. En este contexto, el proyecto contempla la implementación de un programa de prospección y rescate de fauna silvestre, el cual constituye una medida clave de manejo para minimizar los efectos sobre la biodiversidad local. Este programa, desarrollado con base en criterios técnicos y ejecutado por personal capacitado, permite reubicar de forma segura a individuos

de valor ecológico en áreas con condiciones ambientales similares o propicias para su supervivencia.

Durante la fase de construcción, la operación de maquinaria, la instalación de infraestructura y la ejecución de obras provisionales pueden mantener algunos factores de presión, como el ruido, la iluminación artificial y la fragmentación física del hábitat. Estos elementos pueden interferir con funciones ecológicas como la territorialidad, la reproducción o los desplazamientos naturales. No obstante, se han considerado medidas de control para reducir al mínimo la afectación a áreas con valor de conservación.

En la etapa de operación y mantenimiento, aunque se mantiene la actividad humana asociada al uso turístico, habitacional y de servicios, el diseño del proyecto incorpora áreas verdes con especies nativas, zonas de conservación y elementos de conectividad ecológica que contribuyen a preservar hábitats funcionales dentro del entorno modificado. Estos espacios, debidamente manejados, pueden ofrecer refugio a ciertas especies, conservar interacciones ecológicas clave y facilitar procesos de readaptación.

Aunado a lo anterior, como parte del enfoque preventivo y fundamentado en el conocimiento del entorno natural, el proyecto incorporó desde su fase inicial la elaboración de un inventario faunístico detallado en el área de intervención. Este estudio tuvo como finalidad identificar y caracterizar la fauna silvestre presente, con énfasis en las especies nativas, endémicas y aquellas sujetas a alguna categoría de protección conforme al marco legal ambiental vigente. Los resultados obtenidos constituyen un insumo técnico clave que permitió establecer un diagnóstico confiable sobre la diversidad faunística del sitio. Esta información sirvió como base para orientar la planificación de acciones de manejo ambiental, asegurando que la ejecución del proyecto sea compatible con la conservación de la biodiversidad local.

Durante la etapa de abandono, se prevé la ejecución de acciones de restauración ecológica orientadas a la recuperación de hábitats y la mejora de las condiciones para la recolonización de especies silvestres.

Ecosistemas acuáticos

Clave	Impacto			Signo	(-)	Factor afectado	Ecosistemas acuáticos
Eco6	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
1	3	3	3	2	2	3	1
Índice de incidencia	0.61			**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación	**Construcción**			**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
				• De servicios y equipamiento (planta de ósmosis inversa)			

<u>Alteración de la comunidad de mamíferos marinos (acumulativo y sinérgico).</u> Este impacto hace referencia a los posibles efectos indirectos que podrían presentarse en las dinámicas ecológicas que sustentan la presencia de mamíferos marinos en el entorno marino costero. En particular, se considera que ciertas modificaciones en las comunidades planctónicas y bentónicas —de las cuales dependen cadenas tróficas marinas— podrían influir en la disponibilidad y calidad de presas potenciales, como zooplancton y pequeños organismos bentónicos (por ejemplo, erizos de mar), lo cual tendría implicaciones indirectas para especies superiores.

Durante la etapa de operación y mantenimiento, la acción más estrechamente vinculada con este impacto es la descarga de salmuera proveniente del sistema de ósmosis inversa. Aunque se espera que dicha descarga tenga una dispersión localizada, podría inducir variaciones en algunos parámetros fisicoquímicos del agua de mar, como salinidad, temperatura o concentración de oxígeno disuelto, lo que a su vez puede influir en la estructura y composición de las comunidades tróficas de nivel bajo y medio.

Cabe destacar que este impacto no implica una afectación directa sobre los mamíferos marinos, sino que está relacionado con cambios en su entorno funcional. Por su naturaleza, se considera un impacto indirecto, con potencial acumulativo al coincidir con otras presiones ambientales presentes en la región —como el turismo náutico, el tráfico marítimo o la contaminación difusa—, y sinérgico, ya que puede amplificarse al interactuar con otros estresores que influyen en la salud del ecosistema marino.

El proyecto ha previsto diversas medidas para minimizar esta posible alteración ecológica, las cuales están sustentadas en estudios de modelación numérica. Entre ellas se encuentra la correcta ubicación del punto de descarga, el diseño técnico del difusor para asegurar una mezcla eficiente del efluente con el cuerpo marino receptor, y la implementación de un programa integral de monitoreo ambiental. Este último permitirá evaluar de forma periódica la calidad del agua, el estado de las comunidades biológicas y cualquier posible cambio que amerite una medida correctiva.

Clave	Impacto			Signo	(-)	Factor afectado	Ecosistemas acuáticos
Eco7	Afectación de manglares						
Valoración de atributos del impacto							
C	A	S	T	Rv	O	D	Rc
1	3	3	2	2	1	1	1
Índice de incidencia		0.44		Magnitud		Regional	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		Construcción		Operación y mantenimiento		Abandono	
		• Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento		• De servicios y equipamiento (planta de ósmosis inversa)			

Afectación de manglares (acumulativo y sinérgico). Este impacto se refiere a posibles modificaciones en las condiciones fisicoquímicas e hidrológicas que sustentan la funcionalidad ecológica de los manglares ubicados en el área de influencia del proyecto. Si bien no se prevé la remoción directa de vegetación de manglar, se reconoce que ciertas actividades asociadas a las fases de construcción y operación —como la instalación de vialidades, redes de servicios y el funcionamiento de la planta de ósmosis inversa— podrían inducir cambios indirectos en el entorno, particularmente en lo relativo a los patrones de escurrimiento superficial, así como en parámetros de la calidad del agua.

Dichas modificaciones podrían influir en el balance hídrico que alimenta al ecosistema de manglar. Por su carácter, el impacto no recae sobre la cobertura vegetal de forma inmediata, sino sobre los procesos ecológicos que la sostienen. En este sentido, se clasifica como impacto indirecto, con carácter acumulativo por su contribución a presiones regionales históricas sobre este ecosistema, y sinérgico, al interactuar con otros factores ambientales como el cambio climático, la expansión urbana o alteraciones en el nivel freático.

No obstante, el diseño del proyecto incorpora medidas orientadas a prevenir o minimizar estas posibles alteraciones. Entre ellas destaca la realización previa de estudios especializados en hidrología e hidrogeología, cuyo propósito fue caracterizar el comportamiento de los flujos superficiales y subterráneos, así como las condiciones de calidad del agua que alimentan al manglar. Estos estudios sirvieron como base para definir estrategias de conservación del flujo ecohidrológico y el diseño técnico de la infraestructura.

Adicionalmente, se contempla un programa de monitoreo ambiental, lo que permitirá evaluar de manera continua la estabilidad de las condiciones ambientales del manglar y aplicar medidas correctivas en caso de detectar desviaciones respecto a los parámetros de referencia.

5.5.2.2. Subsistema socioeconómico

Dinámica económica

Clave	Impacto			Signo		Factor afectado	
De1	Incremento de la oferta de empleo				(+)		Dinámica económica
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
1	1	3	3	1	3	3	1
Índice de incidencia		0.50		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Prospección del área • Trazo, nivelación topográfica y delimitación de áreas • Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación) • Habilitación de obras provisionales		• Operación de obras provisionales • Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento		• De infraestructura turística y de vivienda • De infraestructura vial • De servicios y equipamiento • De áreas verdes y de conservación		• Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura • Restauración del sitio	

Incremento de la oferta de empleo (sinérgico). Corresponde a una consecuencia positiva del proyecto, atribuida a la dinamización de la economía local mediante la generación de oportunidades laborales asociadas al desarrollo de las distintas fases del mismo.

En la etapa de preparación, la prospección del área para rescate y reubicación de especies genera una demanda limitada de empleo para personal especializado en biología, ecología y manejo de fauna. La remoción de la cubierta vegetal, el despalme y conformación del terreno, así como la habilitación de obras provisionales también requieren mano de obra para la operación de maquinaria y la realización de trabajos de campo.

Durante la etapa de construcción, se genera una demanda considerable de empleo en diversos sectores, incluyendo la construcción civil (construcción de vialidades), la instalación de servicios y equipamiento, y el paisajismo. Estas oportunidades laborales abarcan desde mano de obra no calificada hasta técnicos y profesionales especializados,

contribuyendo al incremento de la oferta de empleo local y regional durante la fase de construcción.

En la etapa de operación y mantenimiento, el proyecto turístico y residencial se convierte en una fuente permanente de empleo en una amplia gama de áreas. La operación de las viviendas genera demanda de personal para administración, mantenimiento y servicios domésticos. La infraestructura turística, requiere personal para atención al cliente, servicios de alimentos y bebidas, limpieza, seguridad y administración. La infraestructura vial, de servicios y equipamiento también genera empleos para su mantenimiento y operación continua. Las áreas verdes y de conservación requieren personal para su cuidado y gestión.

Durante la etapa de abandono, se prevé una demanda de empleo en distintos sectores, destacando el rubro de la construcción para las labores de retiro, desmantelamiento y demolición de infraestructura, así como el sector ambiental, mediante la incorporación de personal especializado en ecología y restauración ambiental, encargado de implementar las acciones de rehabilitación y recuperación del sitio.

Clave	**Impacto**			**Signo**	(+)	**Factor afectado**	Dinámica económica
De2	Incremento en la demanda de bienes y servicios						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
1	1	3	3	1	3	3	1
Índice de incidencia		0.56		**Magnitud**		Regional	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Prospección del área • Trazo, nivelación topográfica y delimitación de áreas • Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación) • Habilitación de obras provisionales		• Operación de obras provisionales • Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento		• De infraestructura turística y de vivienda • De infraestructura vial • De servicios y equipamiento • De áreas verdes y de conservación		• Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura • Restauración del sitio	

Incremento en la demanda de bienes y servicios (sinérgico). El incremento en la demanda de bienes y servicios, se refiere al aumento en la necesidad de productos y servicios diversos como resultado de las actividades de todas las etapas del proyecto, principalmente la construcción y operación y mantenimiento.

En la etapa de preparación, se genera una demanda inicial de bienes y servicios relacionados con la prospección del área para rescate y reubicación de especies, la remoción de la cubierta vegetal, el despalme y conformación del terreno y la habilitación de obras provisionales, incluyendo la adquisición de equipos, herramientas, combustibles, materiales de oficina y servicios de consultoría y logística.

Durante la etapa de construcción, la demanda de bienes y servicios se incrementa significativamente, ya que se requiere una gran cantidad de materiales de construcción (cemento, acero, agregados, madera, etc.), maquinaria y equipo especializado, así como servicios de transporte, alimentación, mantenimiento de equipos y seguridad. La construcción de vialidades, infraestructura de servicios y equipamiento impulsa la actividad económica en diversos sectores proveedores de estos bienes y servicios.

En la etapa de operación y mantenimiento, la demanda de bienes y servicios se vuelve continua y diversificada. Los residentes de las viviendas generarán demanda de alimentos, vestido, calzado, artículos para el hogar, servicios de salud, educación, entretenimiento y transporte. La operación de la infraestructura turística requerirá el suministro constante de alimentos y bebidas, amenidades para los huéspedes, servicios de limpieza, mantenimiento de instalaciones, seguridad, actividades recreativas y personal capacitado en diversas áreas. El mantenimiento de la infraestructura vial, de servicios, áreas verdes y de conservación también generará una demanda sostenida de bienes y servicios especializados. Este incremento en la demanda estimula la economía regional al generar oportunidades para empresas locales y atraer nuevas inversiones en diversos sectores productivos y de servicios.

Durante la etapa de abandono, las actividades asociadas al retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura, así como a la restauración del sitio, generan requerimientos logísticos, materiales y operativos que dinamizan distintos sectores económicos de la región. La contratación de mano de obra, la adquisición de insumos especializados para labores de restauración ecológica, el arrendamiento de maquinaria y la provisión de servicios técnicos (transporte, alimentación, seguridad, entre otros), promueven un movimiento económico temporal que beneficia tanto a proveedores locales como regionales.

Dado su carácter logístico y operativo, el efecto de este impacto rebasa el área inmediata del proyecto y se extiende a una escala regional, especialmente en contextos donde las capacidades de oferta provienen de centros urbanos cercanos.

Clave	Impacto			Signo		Factor afectado	
De3	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia				(-)		Dinámica económica
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
1	3	3	2	2	2	3	1
Índice de incidencia	0.61			**Magnitud**		Regional	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación	**Construcción**			**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
				• De infraestructura turística y de vivienda • De servicios y equipamiento			

Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia (acumulativo y sinérgico). Este impacto se refiere a las posibles alteraciones que sufre la disponibilidad, calidad o acceso a los recursos naturales que utilizan históricamente las comunidades locales para sostener sus modos de vida, especialmente en actividades como la pesca.

Durante la etapa de operación y mantenimiento, la afectación puede derivarse de la entrada en funcionamiento de infraestructura turística y de vivienda, así como de servicios y equipamientos, como una planta desalinizadora (ósmosis inversa) con descarga de salmuera al mar o la planta de tratamiento de aguas residuales cuyos efluentes se emplearán en el riego de áreas verdes. Si bien estas acciones forman parte del funcionamiento normal del proyecto, pueden generar presiones sobre ecosistemas que, a su vez, sostienen recursos de los que dependen las comunidades locales.

Se trata de un impacto indirecto, ya que los efectos no ocurren de manera inmediata en el sitio del proyecto, sino como consecuencia de las modificaciones ecológicas acumuladas y su propagación en el entorno regional. A su vez, es acumulativo y sinérgico, pues se potencia al coexistir con otras presiones ambientales existentes o futuras.

Demografía

Clave	Impacto			Signo	(-/+)	Factor afectado	Demografía
D1	Incremento de la población permanente y flotante						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
1	1	3	3	2	3	3	1
Índice de incidencia		0.61		**Magnitud**		Regional	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
				• De infraestructura turística y de vivienda		• Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura	

Incremento de la población permanente y flotante (sinérgico). Este impacto hace referencia a los posibles cambios en la dinámica poblacional de la región, derivados de la atracción que genera el proyecto en términos de oferta turística, residencial y de servicios. En particular, se contempla el aumento de la población permanente —asociada a nuevos residentes o personal que labora en el sitio— así como de la población flotante, correspondiente a visitantes y turistas temporales.

Durante la etapa de operación y mantenimiento, el funcionamiento de la infraestructura turística y habitacional prevista puede dar lugar a una mayor demanda de servicios públicos, infraestructura urbana y recursos naturales, como agua, energía o sistemas de gestión de residuos. Este fenómeno responde a dinámicas socioeconómicas inducidas por el proyecto, como el desarrollo de actividades económicas locales, la generación de empleos y la mejora de accesibilidad. Dado su carácter indirecto, el impacto no se genera de manera inmediata, sino como resultado de procesos de ocupación y uso del territorio que evolucionan en el tiempo.

La interacción de este incremento poblacional con otros desarrollos urbanos o turísticos en la región puede generar efectos acumulativos y sinérgicos, en función de la capacidad instalada de servicios públicos y del grado de planificación territorial vigente.

Por otra parte, durante la etapa de abandono, la remoción de infraestructura y el cese de operaciones turísticas o residenciales pueden generar una disminución paulatina en la presión poblacional, al reducir la atracción del sitio como lugar de residencia o visita frecuente.

En este contexto, se reconoce que la implementación de estrategias complementarias —como la planificación de servicios con enfoque de sostenibilidad— puede favorecer que la dinámica poblacional inducida se traduzca en oportunidades de desarrollo local sin comprometer la funcionalidad ambiental del entorno.

Clave	Impacto			Signo	(-/+)	Factor afectado	Demografía
D2	Cambio en los fenómenos de inmigración						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
1	1	3	3	2	3	3	1
Índice de incidencia		0.61		**Magnitud**		Regional	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
				• De infraestructura turística y de vivienda		• Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura	

Cambio en los fenómenos de inmigración (sinérgico). El impacto identificado como cambio en los fenómenos de inmigración, se refiere a las transformaciones en los patrones de movilidad poblacional provocadas por la implementación del proyecto, especialmente durante su fase de operación y mantenimiento. La generación de infraestructura habitacional y turística promueve la atracción de personas tanto en calidad de residentes permanentes como de trabajadores temporales o visitantes, modificando el comportamiento migratorio local y regional.

Durante la etapa de operación y mantenimiento, la oferta de viviendas y la disponibilidad de empleos vinculados a la infraestructura turística y de servicios constituyen factores de atracción que estimulan el ingreso de nuevos pobladores desde otras regiones del país o del extranjero. A diferencia de otros impactos, este cambio no es resultado de una acción directa, sino de un efecto colateral relacionado con la percepción de oportunidades laborales, de vida o inversión que despierta el proyecto.

Durante la etapa de abandono, el retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura puede generar un cambio en los fenómenos de inmigración al disminuir el atractivo socioeconómico que motivó previamente la llegada de población foránea a la región.

Movilidad

Clave	Impacto			Signo	(-)	Factor afectado	Movilidad
Mo1	Aumento en el flujo vehicular						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
1	3	3	3	2	3	3	1
Índice de incidencia		0.67		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación) • Habilitación de obras provisionales		• Operación de obras provisionales • Construcción de vialidades • Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento		• De infraestructura turística y de vivienda • De infraestructura vial • De servicios y equipamiento		• Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura	

Aumento en el flujo vehicular (acumulativo, sinérgico y residual). El aumento en el flujo vehicular, se refiere al incremento en la cantidad y frecuencia de vehículos que circulan en las vialidades del área del proyecto y sus alrededores como consecuencia de las actividades de preparación, construcción, abandono y, principalmente, de la operación del desarrollo turístico y residencial.

En la etapa de preparación, actividades como la remoción de la cubierta vegetal, el despalme y conformación del terreno y la habilitación de obras provisionales generan un aumento temporal en el flujo vehicular debido al movimiento de maquinaria pesada, camiones de carga y personal hacia y desde el sitio del proyecto.

Durante la etapa de construcción, la construcción de vialidades y la instalación de servicios y equipamiento, incrementan el tráfico vehicular. Esto se debe al transporte de materiales de construcción, al movimiento de maquinaria pesada, a la circulación de trabajadores y a la distribución de equipos.

En la etapa de operación y mantenimiento, el aumento en el flujo vehicular se vuelve permanente debido a la circulación de residentes, turistas, personal del proyecto, vehículos de servicio y transporte de mercancías hacia y desde las viviendas y la infraestructura turística.

Infraestructura

Clave	Impacto			Signo	(-)	Factor afectado	Infraestructura
Sp1	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
1	3	3	3	2	3	3	1
Índice de incidencia		0.67		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
		• Operación de obras provisionales		• De infraestructura turística y de vivienda			

Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales (acumulativo y sinérgico). Este impacto hace referencia al aumento progresivo en la demanda de infraestructura y servicios básicos, como consecuencia del desarrollo y operación del proyecto, en particular en lo relacionado con el suministro de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos sólidos y tratamiento de aguas residuales.

Durante la etapa de construcción, la habilitación y operación de instalaciones provisionales implicará un consumo adicional de recursos como electricidad y agua, así como la generación de residuos sólidos y aguas residuales.

En la etapa de operación y mantenimiento, el funcionamiento sostenido de la infraestructura turística y residencial prevista generará una demanda continua de servicios básicos. Esta demanda, al integrarse con los consumos ya existentes en la región, puede representar un reto para la capacidad instalada de los sistemas municipales o regionales de abastecimiento y saneamiento, especialmente en contextos de crecimiento acelerado o limitaciones de infraestructura.

Si bien el impacto es de carácter indirecto —pues se deriva del uso y ocupación del proyecto más que de una acción puntual— también se considera acumulativo y sinérgico, dado que puede interactuar con otras fuentes de presión sobre los sistemas públicos.

Cabe destacar que, al tratarse de un impacto previsible, su adecuada gestión ofrece una oportunidad para incorporar criterios de eficiencia y sostenibilidad en el diseño y operación de los servicios, tales como el uso de tecnologías de bajo consumo, tratamiento local de aguas residuales y estrategias de economía circular para el manejo de residuos.

En este sentido, aunque el impacto ha sido clasificado como potencialmente significativo, también se reconoce su carácter recuperable y mitigable.

Cultura

Clave	Impacto			Signo	(-)	Factor afectado	Cultura
Cu1	Cambio en el patrón de uso de recursos						
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
1	1	1	3	3	2	3	3
Índice de incidencia		0.61		**Magnitud**		Regional	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
				• De infraestructura turística y de vivienda • De servicios y equipamiento			

Cambio en el patrón de uso de recursos (residual). Este impacto se refiere a la posible reconfiguración paulatina en la forma en que la población local interactúa con los recursos naturales y culturales de su entorno, derivada de las transformaciones inducidas por el desarrollo del proyecto.

Durante la etapa de operación y mantenimiento, la entrada en funcionamiento de la infraestructura turística y habitacional, junto con la consolidación de servicios y equipamientos asociados, puede propiciar nuevas dinámicas económicas y sociales. Estas transformaciones pueden generar ajustes graduales en las prácticas tradicionales de uso del territorio.

Dichos cambios no necesariamente implican un reemplazo abrupto de las actividades preexistentes, pero sí pueden modificar progresivamente la manera en que las comunidades locales acceden, valoran y se relacionan con su entorno, tanto en términos de uso físico como en sus significados simbólicos y culturales.

En este contexto, el impacto se considera de carácter residual, ya que su manifestación tiende a consolidarse de forma lenta y persistente en el tiempo. Si bien puede representar un proceso de adaptación socioterritorial, también plantea la necesidad de acompañarlo con estrategias de fortalecimiento cultural y participación social, que permitan integrar las transformaciones del entorno con la conservación activa de las identidades locales y el respeto por las prácticas tradicionales.

Clave	Impacto			Signo		Factor afectado	
Cu2	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico				(-)		Cultura
Valoración de atributos del impacto							
C	**A**	**S**	**T**	**Rv**	**O**	**D**	**Rc**
1	1	1	1	3	1	3	3
Índice de incidencia		0.39		**Magnitud**		Local	
Acciones generadoras del impacto por etapa							
Preparación		**Construcción**		**Operación y mantenimiento**		**Abandono**	
• Remoción de la cubierta vegetal • Despalme del terreno • Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación)							

Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico (residual). Se refiere al potencial daño o alteración de vestigios arqueológicos presentes en el área del proyecto y sus alrededores inmediatos como consecuencia de las actividades de desarrollo.

En la etapa de preparación, actividades como la remoción de la cubierta vegetal y el despalme y conformación del terreno podrían generar un impacto si durante estas labores se descubren o se afectan superficialmente vestigios arqueológicos no identificados previamente. La maquinaria pesada y el movimiento de tierra podrían dañar estructuras enterradas o dispersar materiales arqueológicos en la superficie.

5.6. IMPACTOS ACUMULATIVOS

En atención a lo que establece la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos acumulativos, entendidos como aquellos que resultan del incremento de los impactos de acciones particulares, ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente (Artículo 3, Fracción VII del mismo Reglamento).

El análisis de los impactos ambientales de este tipo se basó en la determinación de las desviaciones de la "línea base o cero" originadas por efectos aditivos, considerando que el proyecto no es la única fuente de cambio en el SAR. Por ello fue importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de otras actividades humanas en la región y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el proyecto interactúa.

En este contexto, el Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S. C. a través del documento elaborado "Propuesta de Programa de Manejo del Sitio Ramsar Humedales Mogote-Ensenada de La Paz"[17], a través del cual se establece un marco de referencia de los procesos de deterioro histórico general del sitio Ramsar y en particular para el Estero El Gato y Estero Bahía Falsa, ubicados en el área de influencia del proyecto.

La problemática general que presentan estas áreas está dada por cuatro principales factores:

a. Aporte de contaminantes: 1) Por descargas de aguas residuales sin o con escaso tratamiento, en agua como en suelo, provenientes de usos domésticos, servicios (hoteles, restaurantes, entre otros), industriales, granjas acuícolas (camaronícolas), plantas desaladoras (salmueras y aguas de retorno agrícola cargadas con fertilizantes y plaguicidas. 2) Por el inadecuado manejo de residuos sólidos.
b. Alteración de flujos de agua dulce y salada: 1) Por la extracción de agua del acuífero para satisfacer las necesidades de uso público y agricultura, que ha generado intrusión salina por sobreexplotación. 2) Por el encauzamiento y desvió de los principales escurrimientos, así como construcciones de zonas residenciales, turísticas, portuarias y carreteras, generando como consecuencia alteraciones en los procesos litorales provocando asolvamiento y erosión, debido a un faltante o un exceso de sedimentos, desestabilizando la franja costera.
c. Cambio de uso de suelo: Por el crecimiento de núcleos urbanos, construcción de desarrollos turísticos inmobiliarios, desmatorralización, pérdida de las condiciones agrícolas y degradación de la vegetación.
d. Insuficiente e ineficientes estrategias gubernamentales para la gestión integrada de la zona costera: Por falta de visión consensuada, entre los diferentes actores gubernamentales y sociales, sobre el tipo y forma de desarrollo que se requiere para esta zona.

[17] Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. s. f. Programa de Manejo y Conservación del Sitio Ramsar Humedal Mogote-Ensenada La Paz. Recuperado de: https://conanp.gob.mx/conanp/dominios/ramsar/docs/sitios/lineamientos_instrumentos/Humedal_El_Mogote_Ensenada_la_Paz.pdf.

La problemática particular para el Estero Bahía Falsa está dada por dos principales factores:

a. Aporte de contaminantes: 1) Por derrames de productos químicos derivado de accidentes vehiculares en la carretera La Paz-Pichilingue.
b. Uso intensivo de hábitat y especies: Derivado de los trabajos realizados por el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras.

La problemática particular para el Estero El Gato está dada por cuatro principales factores:

a. Aprovechamiento de especies (jaiba y almeja).
b. Actividades recreativas.
c. Tráfico de vehículos en límites del manglar.
d. Registro de residuos sólidos.

La identificación de los impactos acumulativos en el proyecto se llevó a cabo considerando las matrices de significancia, la interpretación geográfica del área de influencia, y el juicio de expertos. Se evaluaron todos los impactos del proyecto en el contexto de su interacción con el deterioro histórico y las actividades existentes y se identificó que el 65.7% de ellos (28 impactos) tienen un carácter acumulativo, 18 de ellos valorados con un efecto negativo y 10 valorados con un efecto tanto positivo como negativo.

Tabla 5. 8. Impactos acumulativos. Signos del efecto: (+) = positivos, (-) = negativos.

Factor	Impacto	Clave	Signo del efecto
Aire	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes	Ai1	-
	Deterioro de la calidad por dispersión de partículas	Ai2	-
	Incremento en los niveles de ruido	Ai3	-
	Alteración del microclima	Ai4	-
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	Ag1	-
	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina	Ag2	-
	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	Ag3	-
	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	Ag5	-
Suelo	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	Su1	-
	Alteración de la estructura	Su2	-
Geoforma	Alteración de los procesos morfodinámicos	Go1	-
	Alteración de la topografía	Go2	-
Flora	Alteración en la composición de las especies	Fl1	+/-
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	Fl2	+/-
Fauna	Alteración en la composición de las especies	Fa1	+/-
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	Fa2	+/-
	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	Fa3	+/-

Factor	Impacto	Clave	Signo del efecto
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	Eco1	+/-
	Modificación y fragmentación del hábitat	Eco2	+/-
	Modificación de los servicios ambientales	Eco3	+/-
Ecosistemas acuáticos	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	Eco4	-
	Alteración de la comunidad bentónica	Eco5	-
	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos	Eco6	-
	Afectación de manglares	Eco7	-
Paisaje	Alteración de la calidad visual	Pa1	+/-
Dinámica económica	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia	De3	-
Movilidad	Aumento en el flujo vehicular	Mo1	-
Infraestructura	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales	Sp1	-

Fuente: Elaboración propia.

Aire

- **Alteración de calidad por emisiones contaminantes, dispersión de partículas e incremento en los niveles de ruido** son efectos que no ocurren de forma aislada. Estas emisiones y ruidos se suman progresivamente con otras fuentes preexistentes o futuras en la zona (tráfico urbano, actividades turísticas, construcción regional), elevando los niveles base de contaminación y presión acústica. Para estos impactos, la duración se considera temporal durante las etapas de preparación, construcción y abandono y permanente durante la operación. Su recuperabilidad se considera factible siempre que se establezcan medidas de control para las fuentes contaminantes y sonoras, lo que permitirá la eventual recuperación de las condiciones originales del entorno.
- **Alteración del microclima** se considera acumulativo porque la remoción de vegetación, la creación de superficies impermeables y la introducción de estructuras urbanas alteran gradualmente las condiciones térmicas, de humedad y de radiación local, incrementando los efectos de isla de calor y modificando ciclos naturales del entorno, especialmente en un entorno árido como Baja California Sur.

Agua

- Las **alteraciones físico-químicas y microbiológicas** tanto del agua subterránea como marina se potencian por descargas, infiltraciones, obras cercanas y alteraciones hidrológicas previas o futuras en la región.
- La **alteración del área de recarga** y del **patrón de drenaje superficial** es acumulativa porque cualquier intervención que modifique la permeabilidad del terreno (vialidades, urbanización, corte y relleno) afecta negativamente y de forma progresiva la capacidad de infiltración y el flujo superficial. Estos efectos se suman a los cambios históricos del uso de suelo y la urbanización no regulada en el municipio.

Suelo

- Las alteraciones en las **características fisicoquímicas y microbiológicas** y en la **estructura** del suelo son acumulativas ya que implican degradación por compactación, contaminación, pérdida de capa fértil y erosión. Estas alteraciones, producto de varias actividades constructivas, no se restablecen fácilmente y pueden acentuarse si se suman impactos de otras obras o usos en zonas colindantes.

Geoforma

- La **alteración de procesos morfodinámicos** y de la **topografía** tiene un carácter acumulativo porque cada intervención modifica de forma persistente la dinámica natural del terreno (pendientes, escurrimientos, estabilidad), sobre todo en sistemas costeros susceptibles a erosión eólica y marina.

Flora y fauna

- Cambios en la **composición, abundancia y riqueza** de flora y fauna (incluyendo especies en categoría de protección) tienen un efecto acumulativo porque la pérdida o fragmentación de hábitat, así como la presión humana continua, dificultan la regeneración de las poblaciones afectadas.
- La **modificación de pautas de comportamiento** en fauna también es acumulativa al sumarse estímulos como ruido, iluminación, actividad humana y pérdida de refugio, que progresivamente cambian sus patrones naturales.

Ecosistemas terrestres y acuáticos

- La **modificación de la cobertura vegetal, fragmentación del hábitat y servicios ambientales** tiene un efecto acumulativo por la pérdida progresiva de funciones ecológicas (infiltración, retención de nutrientes, captura de carbono).
- La **alteración de comunidades pelágicas,** bentónicas y afectación **a manglares** son acumulativos por la sensibilidad de estos sistemas a perturbaciones múltiples (variación en salinidad, temperatura, calidad del agua y obstrucción de flujos).
- La **afectación de la comunidad de mamíferos marinos** es acumulativa porque se suma a otras presiones sobre su fuente de alimento, tales como el aporte de contaminantes al medio marino por distintas fuentes.

Paisaje y dinámica económica

- La **alteración de la calidad visual** es acumulativa por la introducción continua de infraestructura diferente al paisaje natural y la pérdida de vegetación, lo cual transforma progresivamente la calidad visual del entorno.
- La **afectación a recursos naturales para la subsistencia** es acumulativa porque se suma a otras presiones sobre bienes comunes usados por las comunidades locales, como los pesqueros o hídrico.

Movilidad e infraestructura

- El **aumento del flujo vehicular** y la **demanda de servicios básicos** son impactos acumulativos típicos del crecimiento urbano, que influyen en la respuesta de la

capacidad instalada y generan externalidades ambientales (emisiones, desechos, extracción de agua).

5.7. IMPACTOS RESIDUALES

Tal y como lo establece la Fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos residuales, entendidos como aquellos que persisten después de la implementación de medidas de mitigación (Artículo 3, Fracción X del mismo reglamento).

Dichos impactos representan el efecto inevitable y permanente del Proyecto sobre el ambiente y a partir de ellos se determina el "costo ambiental" del Proyecto, es decir la disminución real y permanente en calidad y/o cantidad de los bienes y servicios ambientales en el SAR.

La identificación de estos impactos se llevó a cabo en función al atributo de la recuperabilidad, el cual se entiende como la capacidad de los ecosistemas de recobrar su funcionalidad ambiental. Los impactos con calificación de tres implican efectos en el ambiente que no le permitirán regresar a su estado original, aún con la aplicación de medidas de mitigación, por lo que se les consideró residuales. Los impactos con valores menores a tres se consideraron recuperables siempre que se implementen las medidas de compensación y/o mitigación que se presentan en el Capítulo VI.

Derivado de lo anterior se puede establecer que el proyecto generará seis impactos residuales, dos de ellos valorados como negativos y cuatro como positivos/negativos (Tabla 5.9).

Tabla 5.9. Impactos residuales. Signos del efecto: (+) = positivos, (-) = negativos.

Factor	Impacto	Clave	Signo del efecto
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	Eco1	+/-
	Modificación y fragmentación del hábitat	Eco2	+/-
	Modificación de los servicios ambientales	Eco3	+/-
Paisaje	Alteración de la calidad visual	Pa1	+/-
Cultura	Cambio en el patrón de uso de recursos	Cu1	-
	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico	Cu2	-

Fuente: Elaboración propia.

Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural. Este impacto se relaciona con la transformación de la cobertura vegetal original en ecosistemas caracterizados por su baja productividad primaria y alta especialización adaptativa, como los presentes en regiones áridas y semiáridas de Baja California Sur. La remoción de esta vegetación puede conllevar efectos ecológicos de largo plazo, dado que las comunidades vegetales nativas están adaptadas a condiciones edáficas y climáticas particulares, y sus procesos de regeneración natural suelen ser lentos. Aunque el proyecto considera medidas de rehabilitación y restauración ecológica, como la revegetación con especies nativas o el uso

de bancos de germoplasma, la restitución total de la estructura y funcionalidad del ecosistema es compleja y puede requerir plazos prolongados. Por esta razón, el impacto se considera residual.

Modificación y fragmentación del hábitat. La introducción de infraestructura permanente puede generar una reorganización del espacio ecológico funcional, especialmente en lo que respecta a la conectividad entre parches de vegetación. Esta fragmentación puede influir en la movilidad, dispersión y ciclos reproductivos de diversas especies, afectando su viabilidad a largo plazo. Si bien el diseño del proyecto contempla zonas de conservación, áreas verdes y corredores biológicos, estos elementos no siempre logran replicar las condiciones originales de continuidad ecológica. Por lo tanto, considerando la alteración estructural y funcional del hábitat, así como la persistencia de estos efectos en el tiempo, el impacto se clasifica como residual.

Modificación de los servicios ambientales. Los servicios ambientales que brindan los ecosistemas locales —como la regulación microclimática, la infiltración de agua, la retención de nutrientes y la captura de carbono— están intrínsecamente ligados a la integridad ecológica del territorio. La modificación de esta estructura puede generar cambios en la calidad y disponibilidad de dichos servicios. Aunque algunas funciones pueden recuperarse mediante procesos de rehabilitación y restauración ecológica, la recuperación integral de la diversidad funcional y la resiliencia del ecosistema suele requerir horizontes de tiempo amplios y condiciones específicas. Por ello, se valora este impacto como residual desde la perspectiva de su reversibilidad limitada.

Alteración de la calidad visual del paisaje. El paisaje natural costero de Baja California Sur se caracteriza por su amplitud visual, contrastes cromáticos y componentes naturales bien definidos. La introducción de elementos construidos puede modificar la percepción del entorno, transformando su configuración escénica. Aunque el proyecto puede incluir medidas de integración paisajística o revegetación, la transformación de aspectos como la silueta del terreno, el contraste visual y la disposición espacial de elementos no siempre puede revertirse completamente. En este contexto, el impacto se considera residual al tratarse de cambios permanentes en la experiencia visual del entorno.

Cambio en el patrón de uso de recursos. El desarrollo de infraestructura turística puede inducir transformaciones en el acceso, uso y valorización de los recursos naturales y del territorio por parte de la población local. Este proceso puede implicar el reemplazo de usos tradicionales o comunitarios por nuevos modelos de ocupación más orientados a actividades de servicios, generando una reconfiguración en las dinámicas sociales y económicas. Si bien se pueden incorporar estrategias de inclusión, fortalecimiento comunitario o participación social, los cambios estructurales en los patrones de uso del territorio suelen consolidarse a largo plazo. Por tanto, este impacto se clasifica como residual por su carácter transformador y su limitada reversibilidad.

Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico. En contextos como el de Baja California Sur, donde existen vestigios arqueológicos poco documentados y altamente vulnerables a alteraciones físicas, el movimiento de tierra, la remoción de suelo y la construcción sobre terrenos no intervenidos pueden provocar la pérdida definitiva de información arqueológica. Este impacto es considerado residual porque, una vez afectado o destruido un sitio arqueológico, la pérdida de contexto espacial y cultural no puede ser compensada, ni siquiera mediante medidas como la recuperación de piezas o registros. La integridad del patrimonio, entendida como su localización original,

asociación con el entorno y potencial de investigación, se pierde permanentemente, lo que justifica su valoración como un impacto residual.

5.8. CONCLUSIÓN

El análisis presentado en este capítulo permitió llevar a cabo la identificación, caracterización y valoración de los impactos ambientales asociados al desarrollo del proyecto Punta La Paz dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR). A partir de un enfoque sistémico, interdisciplinario y respaldado por metodologías reconocidas en el ámbito de la evaluación ambiental, se analizaron 244 posibles interacciones entre las acciones del proyecto y los distintos componentes del medio físico, biótico y social. De éstas, el 77.46% se clasificó como impactos negativos y el 22.54% como impactos positivos.

Los resultados indican que la etapa de preparación concentra una proporción importante de impactos negativos, con énfasis en factores como el aire, el agua y la fauna. Entre las actividades con mayor potencial de afectación se encuentran la remoción de la vegetación y los trabajos de despalme, los cuales inciden directamente sobre la configuración ecológica del sitio y contribuyen a procesos acumulativos y de larga duración.

Asimismo, un 42.86% del total de impactos identificados fue valorado como significativo, destacando aquellos relacionados con la modificación de la cobertura vegetal, la fragmentación de hábitats y los cambios en la calidad visual del paisaje. Varios de estos impactos presentan características acumulativas y sinérgicas, lo que refuerza la necesidad de considerar su gestión desde una perspectiva estratégica y de largo plazo.

En conjunto, los resultados obtenidos constituyen una herramienta clave para orientar la toma de decisiones ambientales, así como para estructurar medidas de manejo que respondan de manera proporcional a la magnitud y naturaleza de los impactos. Si bien se reconocen efectos relevantes sobre ciertos componentes del entorno, estos pueden ser abordados a través de la implementación adecuada de acciones preventivas, correctivas y compensatorias, acompañadas de procesos de seguimiento y evaluación.

La información generada en este capítulo brinda los elementos técnicos y conceptuales necesarios para el diseño del Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad (SGAS), el cual será desarrollado en el capítulo siguiente como una estrategia integral para asegurar la compatibilidad del proyecto con las condiciones del entorno y los objetivos de sustentabilidad territorial.

2025

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL. PUNTA LA PAZ



CAPÍTULO 6

ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

Contenido

6.1. INTRODUCCIÓN 4

6.2. ESTRATEGÍA DE GESTIÓN 5

6.3. SISTEMA DE GESTIÓN ADAPTATIVO PARA LA SOSTENIBILIDAD 9

6.3.1. Estructura 11

6.3.2. Programa de Manejo Integral de la Vegetación 13

6.3.3. Programa de Manejo Integral de Fauna 21

6.3.4. Programa de Manejo Integral de Residuos 25

6.3.5. Programa de Manejo de Emisiones a la Atmosfera 35

6.3.6. Programa de Manejo Integral del Agua 40

6.3.7. Programa de Monitoreo Ambiental 44

6.3.8. Programa de Difusión Ambiental 56

6.3.9. Programa de Seguridad y Atención a Contingencias 64

6.3.10. Programa de Responsabilidad Social y Cultural 69

6.4. DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITGACIÓN CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL Y SOCIAL 74

6.4.1. Aire 70

6.4.2. Agua 74

6.4.3. Suelo 79

6.4.4. Geoforma 82

6.4.5. Flora 84

6.4.6. Fauna 86

6.4.7. Ecosistemas terrestres 88

6.4.8. Ecosistemas acuáticos 91

6.4.9. Paisaje 95

6.4.10. Dinámica económica 97

6.4.11. Demografía 98

6.4.12. Movilidad 101

6.4.13. Infraestructura 101

6.4.14. Cultura 102

6.5. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 104

6.6. SEGUIMIENTO Y CONTROL 105

6.7. MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE 107

6.8. CONCLUSIÓN 139

CAPÍTULO 6. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

6.1. INTRODUCCIÓN

El Capítulo VI de la presente Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) está dedicado al **Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad** del proyecto Punta La Paz (SGAS), el cual tiene como objetivo establecer las medidas necesarias para mitigar, controlar y prevenir los posibles impactos ambientales derivados del desarrollo del proyecto. Este sistema se consolida como la herramienta fundamental para asegurar que las actividades propuestas se realicen de manera sostenible y con el menor impacto posible sobre el entorno natural y las comunidades circundantes.

En el contexto de México, donde la biodiversidad y los recursos naturales juegan un papel crucial en el desarrollo socioeconómico, es indispensable que los proyectos de infraestructura o actividades productivas que se inserten en el territorio cuenten con un sistema, plan o programa de manejo ambiental que garantice la protección y conservación del medio ambiente. El SGAS se elabora en estricto cumplimiento con las normativas vigentes, como lo establece la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en su Artículo 30, y las regulaciones complementarias que rigen las evaluaciones ambientales.

Este sistema incluye una serie de medidas preventivas, correctivas y de compensación que se implementarán en cada fase del proyecto, desde la etapa de preparación hasta su construcción, operación y cierre. El enfoque del SGAS es integral, considerando no solo la gestión de los recursos naturales afectados, sino también aspectos relacionados con la salud y seguridad de los trabajadores y las comunidades locales, así como la preservación de los recursos paisajísticos.

El capítulo se estructura en varias secciones, que describen detalladamente las acciones específicas de manejo ambiental para cada uno de los componentes del proyecto que podrían generar impactos significativos. Además, se incluirán los mecanismos de monitoreo y seguimiento que permitirán evaluar la efectividad de las medidas adoptadas y, en caso necesario, introducir los ajustes pertinentes.

El SGAS representa un compromiso firme con la protección del entorno, buscando minimizar los impactos negativos y maximizar los beneficios ambientales, sociales y económicos del proyecto. Este programa, basado en criterios técnicos y científicos, es una herramienta para asegurar el cumplimiento de los estándares de sostenibilidad ambiental.

6.2. ESTRATEGÍA DE GESTIÓN

Como se expuso en el Capítulo II, la consolidación del proyecto dentro de un enfoque de sustentabilidad, se sustentó en un riguroso proceso de planeación estratégica, concebido desde sus etapas iniciales. La Figura 6. 1 presenta una síntesis de este proceso, el cual integró de manera articulada diversos. Este proceso de planeación no solo orientó el diseño y la implementación del proyecto bajo principios de sostenibilidad, sino que también representa, en sí mismo, la primera medida de mitigación ambiental adoptada formalmente. En este sentido, el enfoque preventivo aplicado en la planeación constituye un componente esencial del compromiso ambiental del proyecto, al priorizar la armonización con el entorno desde su concepción.

Figura 6. 1. Proceso de planificación del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

Estudio de viabilidad ambiental y legal

Como primera etapa del proyecto se realizó un estudio de viabilidad ambiental y legal, el cual constituye una herramienta fundamental para evaluar la factibilidad de un proyecto desde el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable y la compatibilidad con el entorno ecológico y territorial. Su objetivo fue identificar de manera anticipada los posibles riesgos, restricciones y oportunidades que pudieran derivarse de la ubicación, diseño y operación del proyecto, considerando tanto la legislación vigente como los lineamientos de sostenibilidad. A través de este análisis, se buscó garantizar que el desarrollo propuesto no solo fuera técnicamente viable, sino también ambiental y jurídicamente aceptable, contribuyendo a una planificación responsable y al cumplimiento de los principios de prevención y precaución.

Estudio de zonificación ambiental

Posteriormente se realizó un estudio de zonificación ambiental, para identificar la compatibilidad de las actividades proyectadas con las características ecológicas y funcionales del territorio. Este proceso permitió delimitar áreas según su grado de sensibilidad ambiental, su vocación natural y su capacidad para soportar determinadas intervenciones, facilitando así la previsión, prevención y mitigación de impactos negativos. Al integrar la zonificación en proceso de elaboración del estudio de impacto ambiental, se fortalece la toma de decisiones informadas, se promueve un uso racional del territorio y se contribuye a la protección de ecosistemas clave y servicios ambientales estratégicos.

Conformación de un grupo multidisciplinario

Un paso importante en el proceso de planificación del proyecto fue la integración de un grupo multidisciplinario conformado por especialistas en diversas áreas del conocimiento. Este equipo participó activamente a lo largo de todas las etapas del proceso, desde la conceptualización hasta la definición del diseño final del proyecto. La adopción de este enfoque permitió una identificación más precisa de los impactos potenciales, una evaluación integral de sus implicaciones y el diseño de medidas de manejo ambiental eficaces y técnicamente viables. La colaboración interdisciplinaria no solo enriqueció el análisis desde distintas perspectivas, sino que también fortaleció la solidez técnica y la legitimidad del estudio ante las autoridades competentes y la sociedad.

Grupo multidisciplinario

- Ecología y manejo de recursos naturales.
- Planificación y sistemas de manejo ambiental.
- Caracterización ambiental y geografía.
- Evaluación de impacto ambiental.
- Sistemas de información geográfica.
- Asesoramiento jurídico legal.

Estudios de línea base ambiental

Los estudios de línea base constituyen un aspecto clave en el desarrollo de un estudio de impacto ambiental, ya que proporcionan una caracterización detallada y actualizada del entorno en el que se pretende desarrollar un proyecto. Una línea base bien elaborada es fundamental para garantizar la objetividad y solidez del análisis de impactos, así como para diseñar medidas de manejo ambiental eficaces y adaptadas al contexto local.

Los estudios de caracterización y otros considerados en el presente estudio, conforman la línea base ambiental de referencia, la cual provee los insumos para la elaboración del presente estudio de impacto ambiental. En los anexos del Capítulo IV se presentan los resultados de dichos estudios, con el propósito de que sean considerados en el análisis técnico por la autoridad.

Definición del diseño y proceso constructivo

Una vez concluidos los estudios de línea base ambiental, la promovente procedió a definir el trazo del proyecto, así como el proceso constructivo-operativo, buscando minimizar en la medida de lo posible los impactos ambientales. Para ello, se establecieron criterios y condiciones que guiaron la toma de decisiones y fueron transformados en ejes rectores fundamentados en políticas y principios de sostenibilidad. Estos elementos se detallan en la Tabla 6.1 que se presenta a continuación.

Tabla 6.1. Ejes rectores establecidas como guía para el diseño y desarrollo sostenible del proyecto.

Ejes rectores	Premisas y políticas
AMBIENTAL	1. El diseño y proceso constructivo-operativo del proyecto no deben comprometer la estructura y función de los ecosistemas y recursos naturales presentes en su zona de influencia.
	2. Se debe evitar cualquier impacto ambiental en el Área de Protección de Flora y Fauna Balandra.
	3. El proyecto debe contribuir activamente a la conservación, restauración y mejoramiento de ecosistemas y especies protegida dentro del sistema ambiental regional (SAR) o el área protegida Balandra.
	4. Incorporar medidas que reduzcan la generación de gases de efecto invernadero (GEI) y fomenten la mitigación y adaptación al cambio climático.
	5. Integrar la gestión del recurso hídrico como una cuestión clave dentro del diseño y proceso constructivo-operativo del proyecto.
	6. Asegurar la calidad y disponibilidad a largo plazo de las fuentes de agua locales.
	7. Asegurar que la infraestructura sea resiliente frente a fenómenos hidrometeorológicos y efectos del cambio climático.
	8. Implementar acciones que no solo compensen los impactos negativos, sino que promuevan la mejora ecológica del entorno.
	9. Controlar y reducir todos los tipos de contaminación durante todas las etapas del proyecto.
	10. Aplicar tecnologías en el diseño y proceso constructivo-operativo que garanticen la menor huella ecológica y fragmentación de los ecosistemas.
	11. Priorizar la ocupación de áreas previamente impactadas o de bajo valor ambiental.
SOCIAL	12. Evitar que el desarrollo y operación del proyecto incremente la presión sobre las fuentes locales de agua, asegurando un uso eficiente, responsable y sustentable del recurso hídrico desde la etapa de diseño hasta la operación.
	13. Asegurar que el proyecto no comprometa el acceso al agua de las comunidades locales y promover una distribución justa del recurso.
	14. Asegurar que el proyecto genere beneficios tangibles para las comunidades locales, mediante acciones integradas desde su diseño y proceso constructivo que incidan positivamente en la calidad de vida.
ECONÓMICA	15. Impulsar la productividad y el desarrollo económico regional.
	16. La inversión planteada para el proyecto, debe ser sostenible desde el punto de vista financiero
	17. Reconocer el agua como un recurso estratégico con alto valor económico, promoviendo su uso racional mediante el diseño e implementación de sistemas, tecnologías y prácticas que maximicen la

Ejes rectores	Premisas y políticas
	eficiencia hídrica en el diseño y proceso constructivo-operativo del proyecto.
LEGAL	18. El proyecto debe asegurar el cumplimiento del marco ambiental legal y normativo aplicable.
	19. Asegurar el pleno cumplimiento de la legislación vigente en materia de aguas.
GOBERNANZA	20. El desarrollo del proyecto, debe generar confianza en la gobernanza a través de un proceso de toma de decisiones transparente, responsable e inclusiva de las autoridades involucradas en el desarrollo del proyecto.
	21. Promover la toma de decisiones informadas e inclusivas que involucren a los distintos actores del SAR.
	22. El proyecto deberá estar alineado a los ODS y a los criterios de Infraestructura Sostenible de agencias u organizaciones en la materia.
	23. El proyecto deberá adoptar estándares y mejores prácticas internacionales de gestión hídrica.
	24. Incluir buenas prácticas ambientales orientadas a la conservación y uso sustentable de los ecosistemas.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de impacto ambiental

Con base en los estudios de línea base ambiental y los criterios definidos para el deseño y el proceso constructivo – operativo (Tabla 6.1), se ha orientado el desarrollo del proyecto, así como la elaboración de la presente MIA.

6.3. SISTEMA DE GESTIÓN ADAPTATIVO PARA LA SOSTENIBILIDAD

El SGAS se define como el instrumento operativo a través del cual se ajustan los compromisos ambientales y se establecen las estrategias para la reducción y el manejo adecuado de los impactos ambientales identificados en cada una de las etapas de implementación del proyecto. Es decir, es un sistema dinámico de gestión cuya estructura le permite adaptarse a los cambios y brindar retroalimentación a través de los siguientes compromisos:

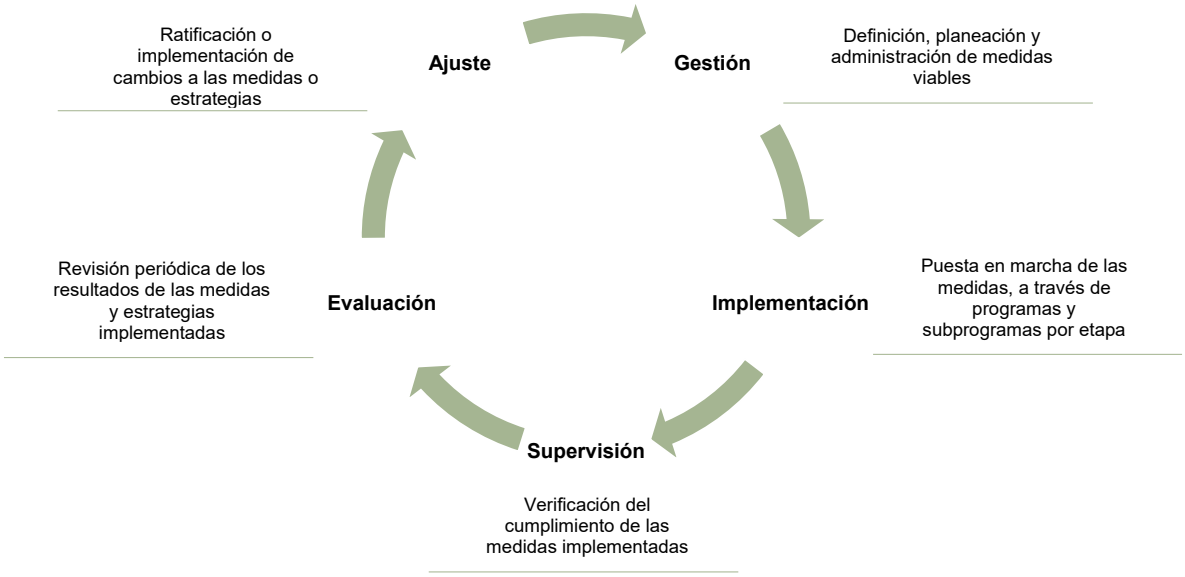
A. Vigilar de manera permanente las condiciones ambientales del ecosistema, la calidad del paisaje y la integridad de los recursos naturales involucrados en el proyecto y área de influencia.
B. Establecer los indicadores de evaluación para implementar mejoras a las medidas de mitigación propuestas, y manejar de manera adecuada los impactos identificados en cada una de las etapas del proyecto.
C. Desarrollarse como un proceso de actualización para proponer, en caso de ser necesarias, nuevas medidas de mitigación a los posibles impactos no previstos en la presente MIA y que pudieran ser generados con el desarrollo del proyecto.
D. Implementar de manera continua buenas prácticas de manejo, para reducir en lo posible los impactos generados por el desarrollo del proyecto, en los ambientes y comunidades locales.
E. Promover acciones que estimulen el desarrollo integral entre ambiente y sociedad en el entorno local y regional.

Los objetivos particulares del SGAS, son los siguientes:

a. Supervisar que la construcción y operación del proyecto, se apegue a los ejes rectores que indujeron su planeación y diseño hacia su desarrollo sustentable y viabilidad ambiental y normativa.
b. Supervisar que los equipamientos y servicios del proyecto le identifiquen como un desarrollo comprometido legal y socialmente con la región.
c. Implementar un instrumento técnico-científico integral, que asegure la aplicación de las medidas de manejo sobre los impactos ambientales identificados. Con el fin de reducir al mínimo los efectos negativos que el proyecto pudiera tener sobre el ambiente.
d. Implementar un proceso que evalúe sistemáticamente el éxito y/o eficacia de cada una de las medidas de manejo propuestas en la presente MIA, durante el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto.
e. Fomentar e implementar, en el marco de este instrumento de manejo y gestión, el uso de buenas prácticas ambientales que garanticen un proyecto eficaz en el uso de los recursos (flora, fauna, suelo, agua y energía), causando el menor impacto ambiental posible durante las diferentes etapas de desarrollo.
f. Capacitar al personal y usuarios para mantener una alta calidad e imagen del producto a ofertar, haciendo más eficiente el desarrollo empresarial y, por ende, su desempeño socioeconómico extensivo a la región.
g. Integrar mecanismos y acciones programadas, que permitan dar atención y estricto cumplimiento de la normatividad; así como a los términos y condicionantes ambientales que la autoridad imponga al proyecto, en el caso de que sea autorizado.

Este sistema debe entenderse como un proceso operativo cuyos objetivos se desarrollan de manera integrada, coordinando las actividades de manejo al interior del proyecto; supervisando las medidas propuestas para dar atención a los impactos ambientales descritos en el Capítulo V; evaluando periódicamente los cambios en las diferentes etapas del proyecto y adaptando permanentemente las herramientas de acuerdo a las necesidades. Con estas tareas permanentes, se busca de manera sistemática, mitigar, compensar o reducir los efectos que generan dichos impactos, incluyendo aquellos no identificados en este estudio. El fin principal es destacar a nivel local y regional como un proyecto sustentable.

Figura 6. 2. Ciclo adaptativo de las medidas.



Fuente: Elaboración propia.

6.3.1. Estructura

El SGAS funciona a partir de programas, definidos como series ordenadas de operaciones o actividades, dirigidos al cumplimiento de uno o varios objetivos generales. Cada programa a su vez engloba series más pequeñas de acciones dirigidas hacia un objetivo particular denominadas subprogramas.

Las acciones propuestas pretenden prevenir, mitigar o compensar los impactos identificados en el Capítulo V, así como cualquier otro que pudiera ocurrir durante el desarrollo del proyecto. Para identificar el tipo de acción de que se trate se han empleado los siguientes criterios de clasificación:

Prevención (P): Acción que pretenden evitar efectos previsibles de deterioro.

Mitigación (M): Acción que pretende atenuar los impactos.

Compensación (C): Acción que pretende contrarrestar el daño causado por un impacto.

El diseño del SGAS comprende 10 programas y 26 subprogramas, los cuales se presentan en la siguiente Tabla 6.2.

Tabla 6.2. Estructura del SGAS del proyecto.

Clave	Programa	Subprograma	Clave
PMIV	**Manejo Integral de Vegetación**	Manejo de Áreas de Conservación	SMAC
		Rescate y Manejo de Vivero	SRMV
		Reforestación	SR
		Manejo de Áreas Verdes	SMAV
PMIF	**Manejo Integral de Fauna**	Manejo y Rescate de Fauna	SMRF
		Control de Fauna Nociva	SCFN
PMIR	**Manejo Integral de Residuos**	Residuos Líquidos y Sanitarios	SMRL
		Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial	SMRSME
		Residuos Peligrosos	SMRP
PMEA	**Manejo de Emisiones a la Atmósfera**	Control de Gases y Polvos	SCGP
		Control de Ruido	SCR
PMIA	**Manejo Integral del Agua**		
PMA	**Monitoreo Ambiental**	Monitoreo Calidad de Agua Subterránea	SMAS
		Monitoreo de Vegetación	SMV
		Monitoreo de Fauna	SMF
		Monitoreo de Calidad de Agua Marina	SMAM

Clave	Programa	Subprograma	Clave
		Monitoreo de Comunidad Pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	SMCP
		Monitoreo de la Comunidad Bentónica	SMCB
		Monitoreo de Mamíferos Marinos	SMMM
		Monitoreo del Manglar	SMM
PDA	**Difusión Ambiental**	Capacitación Ambiental	SCA
		Información y Educación Ambiental	SIEA
		Imagen y Señalización Ambiental	SIAS
PSAC	**Seguridad y Atención a Contingencias**	Salud y Seguridad	SSS
		Prevención y Manejo de Contingencias	SPMC
PRSC	**Responsabilidad Social y Cultural**	Desarrollo Social	SDS
		Desarrollo Cultural	SDC
PSA	**Supervisión Ambiental**		

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta la descripción detallada de los programas y subprogramas que integran el SGAS. Cada uno de ellos ha sido estructurado en función de los impactos identificados, las características del entorno y los objetivos de sostenibilidad del proyecto. Asimismo, se exponen los objetivos generales y particulares de cada componente, los cuales guían su implementación, seguimiento y evaluación, asegurando su alineación con los compromisos ambientales del proyecto y con el marco normativo aplicable.

Cabe señalar que el Programa de Supervisión y Gestión Ambiental opera como un mecanismo transversal de regulación, verificación y seguimiento de los programas y subprogramas ambientales implementados en el marco del proyecto. Su función principal es garantizar el cumplimiento efectivo de las medidas establecidas, así como optimizar su desempeño mediante un proceso continuo de evaluación y mejora.

A diferencia de los demás programas, que contienen medidas orientadas directamente a la prevención, mitigación o compensación de impactos específicos, o bien al fortalecimiento de la conciencia ambiental entre los actores involucrados, este programa actúa como un sistema articulador que permite supervisar su correcta aplicación y medir su eficacia.

También es preciso indicar que los resultados derivados de la implementación de las acciones propuestas serán integrados en los informes periódicos de cumplimiento de términos y condicionantes ambientales, conforme a los lineamientos establecidos por la autoridad competente.

6.3.2. Programa de Manejo Integral de la Vegetación

El desarrollo de un proyecto de infraestructura conlleva inevitablemente la afectación temporal o permanente de áreas con cobertura vegetal, ya sea natural (primaria o secundaria) o resultado de procesos de jardinería. La remoción de esta vegetación puede tener implicaciones, tales como: Alteración de geoformas y procesos edáficos. pérdida de suelo y disminución de su capacidad de retención, reducción de biodiversidad, tanto vegetal como animal, disminución de la conectividad ecológica y de corredores biológicos utilizados por la fauna silvestre.

En respuesta a estos posibles impactos, se ha diseñado el Programa de Manejo Integral de la Vegetación (PMIV), el cual contempla una serie de subprogramas y acciones específicas orientadas a prevenir, mitigar y, en su caso, compensar los efectos negativos derivados de la remoción de vegetación asociada con las obras permanentes y temporales del proyecto.

Subprograma de Manejo de Áreas de Conservación

El proyecto considera la conservación, protección y mantenimiento de superficie con vegetación original. Además, considerando la relevancia de los servicios y bienes ambientales que esta vegetación representa (i.e., zonas de alimentación y refugio para diversas especies animales, valor paisajístico entre otros).

Objetivos

- Preservar unidades de vegetación nativa que permanecerán sin cambio de uso de suelo, manteniéndolas en su estado actual para que sirvan como refugios biológicos para fauna silvestre residente y migratoria.
- Habilitar fuentes de germoplasma mediante la conservación *in situ* de especies vegetales representativas, que permitan garantizar la continuidad ecológica y genética de la flora presente en el área del proyecto y el SAR.
- Mejorar la calidad ambiental de áreas aledañas a la zona de influencia directa (ZID) afectadas por procesos de degradación ambiental y actividades antrópicas, mediante acciones como la remoción de residuos sólidos, control de especies exóticas y recuperación de su cobertura vegetal.
- Garantizar la continuidad de los bienes y servicios ecosistémicos que proveen la vegetación y los ecosistemas presentes en el área de influencia y el SAR, como regulación hídrica, captura de carbono, control de erosión y hábitat para la biodiversidad.
- Erradicar y controlar la presencia de especies exóticas e invasoras, mediante estrategias integrales de detección, remoción y monitoreo, con el fin de prevenir su expansión y proteger la vegetación nativa y los ecosistemas asociados.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.3.

- **Tabla 6.3. Medidas que serán aplicadas como parte de Subprograma de Manejo de Áreas de Conservación.**

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Minimizar la remoción de cobertura vegetal durante la preparación del sitio, limitándola estrictamente a las áreas necesarias para la construcción	Prevención	Preparación
Delimitar, señalizar y proteger las zonas de conservación para evitar actividades que impidan la infiltración o que puedan dañarlas	Prevención	Todas las etapas
Realización de un levantamiento topográfico detallado del área del proyecto para identificar las elevaciones y pendientes existentes, y así planificar la ubicación de las estructuras minimizando las modificaciones al terreno natural	Prevención	Preparación
Identificar áreas con pendientes críticas o alta susceptibilidad a erosión para conservar vegetación o implementar medidas de bioingeniería	Prevención	Preparación
Contar con un protocolo para la Prevención de Introducción y Dispersión de Especies Exóticas Invasoras que incluya: Procedimientos de limpieza de maquinaria, control de fuentes de materiales y manejo de residuos para evitar la propagación de especies no nativas.	Prevención	Todas las etapas
Planificar el proyecto considerando conectividad ecológica y permeabilidad del paisaje para evitar la fragmentación del hábitat	Prevención	Preparación
Desarrollar e implementar un programa de mantenimiento de zonas de conservación como sumideros de carbono, filtros de partículas y reguladores del microclima	Mitigación	Operación y mantenimiento
Establecer un centro para la conservación y uso sustentable del manglar y recurso costeros en coordinación con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	Compensación (en beneficio de los humedales)	Operación y mantenimiento

Medidas realizadas

Con el objetivo de evitar modificaciones innecesarias al relieve natural, así como prevenir procesos erosivos y alteraciones en la dinámica hidrológica del sitio, se llevó a cabo un levantamiento topográfico detallado del área del proyecto. Este análisis técnico permitió identificar con precisión las elevaciones, pendientes y demás características geomorfológicas del terreno, constituyéndose en uno de los principales insumos para fundamentar el diseño de la infraestructura propuesta.

Asimismo, la planificación del proyecto se estructuró con base en una zonificación ambiental previamente desarrollada, la cual fue definida en concordancia con los instrumentos de ordenamiento territorial vigentes y aplicables en la región. Esta zonificación orientó la ubicación de las distintas obras y actividades, privilegiando la compatibilidad ecológica y el aprovechamiento sustentable del entorno.

Medidas a implementarse

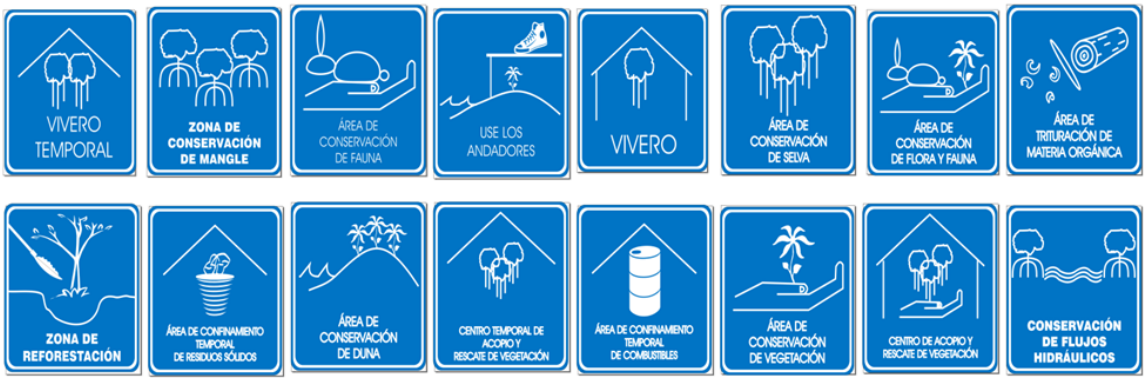
Durante la etapa de preparación, una de las principales medidas será minimizar la remoción de cobertura vegetal, limitándola estrictamente a aquellas zonas donde sea técnicamente indispensable realizar obras. Esta medida tiene como propósito conservar la vegetación nativa, reducir la pérdida de hábitats y mantener los procesos ecológicos asociados, como la infiltración de agua y la estabilización del suelo.

Otra medida será la delimitación, señalización y protección de las zonas de conservación. Estas áreas serán claramente identificadas y resguardadas para evitar cualquier tipo de actividad que pueda interferir con sus funciones ecológicas, especialmente la infiltración de agua, la conservación de hábitats o el resguardo de especies sensibles (Figura 6.3 y Figura 6.4). De igual manera, estas áreas serán georreferenciadas y registradas cartográficamente como medida de control y seguimiento ambiental, lo cual permitirá su monitoreo sistemático a lo largo de las diferentes etapas del proyecto.

Figura 6.3. Tipos de barreras físicas para delimitar las áreas de conservación en etapa de preparación, construcción y abandono.



Figura 6.4. Tipos de señalamiento que podrán ser colocados para delimitar las áreas de conservación en etapa de operación y mantenimiento.



Asimismo, se contará con un protocolo específico para la prevención de la introducción y dispersión de especies exóticas invasoras, el cual incluirá procedimientos como la limpieza de maquinaria antes del ingreso al sitio, la revisión y control de fuentes de materiales (como tierra o grava), y una gestión adecuada de residuos. Esto busca evitar la alteración de los

ecosistemas naturales por especies que pudieran desplazar a las nativas y afectar la biodiversidad local.

En la etapa de operación y mantenimiento, se implementará un programa de mantenimiento de zonas de conservación, que no solo buscará preservar su estado ecológico, sino también potenciar su función como sumideros de carbono, filtros naturales de partículas en suspensión y reguladores del microclima. El mantenimiento incluirá acciones como limpieza, monitoreo de cobertura vegetal y restauración progresiva en zonas identificadas con degradación, en la que solo se usarán especies nativas propias de los ecosistemas de la zona.

Finalmente, como parte de las acciones de compensación ambiental en beneficio de los humedales, se contempla el establecimiento de un centro para la conservación y uso sustentable del manglar y los recursos costeros. Esta medida se realizará en coordinación con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y tendrá como objetivos principales la educación ambiental, la generación de proyectos de restauración y el fortalecimiento de capacidades comunitarias para el aprovechamiento responsable de los ecosistemas costeros, especialmente aquellos con alta vulnerabilidad ecológica.

Subprograma de Rescate y Manejo de Vivero

Para apoyar las acciones contenidas en el PMIV, y relacionado particularmente a las actividades de rescate de vegetación, se considerará la habilitación de un vivero. El vivero alojará las especies rescatadas durante el proceso de construcción y proveerá de nuevas plantas para la reforestación.

Objetivos

- Disponer de fuentes de germoplasma que permitan fomentar la continuidad en el tiempo y en el espacio de las diversas especies de plantas nativas existentes actualmente en el proyecto.
- Rescatar, proteger y producir un banco de germoplasma de especies vegetales, principalmente aquellas endémicas o con algún estatus de protección.
- Seleccionar, producir y propagar el material vegetativo y especies nativas, propias de la región, para la reforestación y mantenimiento de las áreas de conservación y verdes del proyecto.

Como parte de la responsabilidad social del proyecto:

- Reducir los costos del ajardinado, con el uso de las especies nativas rescatadas y/o producidas en el vivero.
- Estar en posibilidad de ofrecer a los futuros residente o huéspedes, como fuente de valor y atractivo del proyecto, el disfrute de los ecosistemas regionales.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente tabla

Tabla 6.4. Medidas que serán aplicadas como parte de Subprograma de Rescate y Manejo de Vivero.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Realizar un inventario florístico para identificar especies nativas, endémicas y protegidas presentes en el área del proyecto	Prevención	Preparación
Implementar un programa de rescate y reubicación de especies nativas, con énfasis en endémicas y protegidas, para conservación en vivero y posterior reintroducción	Prevención	Preparación
Habilitar y operar un vivero y mantener especies rescatadas con condiciones adecuadas para su futura revegetación	Mitigación	Preparación
El suelo y vegetación retirados de las zonas de aprovechamiento se acopiará para su uso en el vivero y áreas verdes	Mitigación	Preparación

Medida realizada

En primera instancia, se realizó un inventario florístico del área del proyecto, con el propósito de identificar y registrar las especies vegetales existentes, haciendo énfasis en aquellas que son nativas, endémicas o se encuentran bajo alguna categoría de protección conforme a la legislación ambiental vigente. Este inventario sirvió como base técnica para orientar las decisiones relacionadas con el manejo de la vegetación y permitió establecer un diagnóstico claro de la riqueza florística del sitio.

Medidas a implementarse

Durante la etapa de preparación del proyecto se tiene previsto habilitar y operar un vivero, el cual estará destinado al mantenimiento y propagación de las especies rescatadas. El vivero estará diseñado para proporcionar condiciones óptimas de luz, humedad y suelo, adecuadas para las especies locales, y contará con un protocolo técnico para su manejo. Este espacio constituye un componente estratégico para las acciones de reforestación planificadas, ya que permitirá generar ejemplares aptos para su reintroducción en áreas verdes del proyecto o en zonas de restauración ecológica.

Asimismo, se tiene previsto llevar a cabo un programa de rescate y reubicación de especies vegetales nativas, con especial énfasis en aquellas que son endémicas o se encuentran bajo alguna categoría de protección. Este programa contemplará la identificación, extracción y traslado cuidadoso de ejemplares hacia un espacio de resguardo temporal (vivero), con el propósito de asegurar su conservación en condiciones controladas, con la finalidad de garantizar su supervivencia y facilitar su reintegración al entorno natural.

Finalmente, el suelo y la vegetación que sean retirados de las zonas de aprovechamiento del proyecto serán acopiados y utilizados en el vivero y en las áreas verdes.

Subprograma de reforestación

El objetivo de este subprograma es diseñar e implementar una campaña general de reforestación en el área de influencia directa e indirecta del proyecto, incluidas zonas de conservación, que registren degradación o que pudieran verse afectadas por el proyecto, así como en las áreas verdes incorporadas durante el diseño del desarrollo. Esto incluye, el mantenimiento de los elementos arbóreos y arbustivos predominantes en la vegetación original. El proceso de reforestación será realizado en primera instancia, con las especies y organismos rescatados durante los procesos de preparación del terreno y/o producidos en el vivero del proyecto.

Objetivos

- Fortalecer los procesos ecológicos esenciales, como la retención de suelo, la infiltración de agua, la regulación microclimática y la provisión de hábitat para especies silvestres.
- Contribuir a la conectividad ecológica del paisaje mediante la reforestación de áreas estratégicas que funcionen como corredores biológicos o zonas de amortiguamiento.
- Aumentar la resiliencia del ecosistema ante los efectos del cambio climático, mediante la incorporación de especies nativas adaptadas a condiciones locales de estrés hídrico y térmico.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.5.

Tabla 6.5. Medidas que serán aplicadas como parte de Subprograma de Reforestación.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Planificar la reforestación de áreas verdes preferentemente con especies nativas para que contribuya a: 1. Mantener la estabilización y permeabilidad del suelo 2. Favorecer la infiltración natural del agua, evitando la generación de escorrentía superficial excesiva 3. Mantener la protección contra la erosión hídrica y eólica, en áreas con pendientes o expuestas 4. Maximizar la provisión de servicios ambientales	Mitigación	Preparación
Usar exclusivamente plantas cuya legal procedencia haya sido verificada (labores de reforestación)	Mitigación	Operación y mantenimiento y abandono
Elaborar e implementar un plan de reforestación con especies nativas, priorizando aquellas con valor ecológico (ej. especies endémicas, especies con algún estatus de protección, especies clave).	Compensación	Operación y mantenimiento
Desarrollar e implementar un programa de restauración ecológica, priorizando la recuperación de la vegetación nativa en áreas intervenidas para: 1. Compensar emisiones residuales 2. Recuperar las funciones hidrológicas 3. Recuperar la morfología, así como las propiedades	Compensación	Abandono

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
físicas, químicas, biológicas del suelo 4. Recuperar la composición florística original 5. Recuperar el hábitat para especies de fauna 6. Recuperar los servicios ambientales		

Durante la etapa de preparación, se planificará la reforestación de las áreas verdes, priorizando el uso de especies nativas con funciones ecológicas clave. Esta planificación tendrá como objetivos principales: mantener la estabilización y permeabilidad del suelo, favorecer la infiltración natural del agua evitando la escorrentía superficial excesiva, prevenir la erosión hídrica y eólica —especialmente en zonas con pendientes o expuestas— y maximizar la provisión de servicios ambientales como la captura de carbono, la regulación microclimática y el hábitat para fauna local. La medida se materializará a través de un plan de reforestación formalmente aprobado, el cual deberá incluir una paleta vegetal compuesta en al menos un 90% por especies nativas y un cronograma de implementación definido antes del inicio de las obras.

En cumplimiento de la legislación ambiental vigente, se usarán exclusivamente plantas cuya legal procedencia haya sido verificada, particularmente aquellas que no provengan de las labores de rescate. Esta medida aplicará en las labores de reforestación previstas durante las etapas de operación, mantenimiento y abandono, garantizando que los ejemplares utilizados cuenten con documentación que acredite su origen legal, conforme a lo establecido por las autoridades ambientales.

Durante la etapa de operación, se elaborará e implementará un plan de reforestación compensatoria con especies nativas, priorizando aquellas con alto valor ecológico, como las especies endémicas, en categoría de protección o consideradas especies clave para el ecosistema. Este plan se estructurará sobre una superficie previamente definida como prioritaria para su restauración, y será acompañado por un programa de monitoreo ecológico. El seguimiento incluirá evaluaciones bimestrales durante los dos primeros años posteriores a la reforestación, así como monitoreos anuales en los primeros tres años y bianuales los cuatro años siguientes, a través de indicadores como la aparición de especies indicadoras de biodiversidad y salud del ecosistema.

De igual forma, durante la etapa de operación se desarrollará e implementará un plan de reforestación compensatoria de manglar, cuya superficie de intervención será determinada en coordinación con la CONANP. Este plan formará parte integral de las acciones promovidas desde el Centro para la Conservación y el Manejo Sustentable del Manglar y Recursos Costeros, con el propósito de contribuir a la recuperación ecológica y funcional de estos ecosistemas.

Finalmente, durante la etapa de abandono, se desarrollará e implementará un programa integral de restauración ecológica, enfocado en la recuperación de la vegetación nativa en todas las áreas intervenidas por el proyecto. Este programa buscará compensar las emisiones residuales generadas durante la vida útil del proyecto, recuperar las funciones hidrológicas, la morfología y las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, restablecer la composición florística original y restituir el hábitat para especies de fauna. La meta será lograr una tasa de supervivencia de al menos 80% a los seis meses de la reforestación, así como la identificación de especies indicadoras como prueba de la reactivación de procesos ecológicos. El seguimiento se hará conforme a los mismos criterios establecidos para el plan de reforestación compensatoria.

Subprograma de Manejo de Áreas Verdes

Este subprograma tiene como propósito asegurar el mantenimiento y embellecimiento de los espacios verdes diseñados en el proyecto, con un enfoque en la sostenibilidad y el respeto por el entorno natural.

Objetivos

- Generar una imagen de paisaje natural en las áreas verdes del proyecto, acorde con el escenario regional.
- Proveer una alta calidad ambiental y de paisaje para el residente a la vez de generar zonas de refugio y alimentación de especies animales

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6. 6.

Tabla 6. 6. Medidas que serán aplicadas como parte de Subprograma de Manejo de Áreas Verdes.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Diseño paisajístico con vegetación nativa para apantallamiento visual e integración ecológica	Prevención	Preparación
Diseñar áreas verdes con especies nativas, adaptadas a las condiciones locales y para maximizar servicios ecosistémicos (hábitat de polinizadores, recarga hídrica, regulación térmica, control de escorrentía, sumideros de carbono)	Mitigación	Operación y mantenimiento
Elaborar y ejecutar un plan de mantenimiento de áreas verdes	Mitigación	Operación y mantenimiento
Supervisar el uso de agroquímicos biodegradables y de baja toxicidad autorizados por la CICOPLAFEST en áreas verdes del proyecto	Mitigación	Operación y mantenimiento

Medidas a implementarse

Desde la etapa de preparación, se desarrollará un diseño paisajístico que incorpore preferentemente vegetación nativa, lo que permitirá lograr un apantallamiento visual adecuado, la integración ecológica del proyecto con el entorno natural y la restauración del paisaje local. Este diseño considerará especies adaptadas a las condiciones del sitio, resistentes al clima regional y con bajo requerimiento de mantenimiento hídrico.

En la fase de operación y mantenimiento, las áreas verdes serán diseñadas utilizando especies nativas y adaptadas a las condiciones ecológicas locales, con la finalidad de maximizar la provisión de servicios ecosistémicos, como el hábitat para polinizadores, la recarga hídrica, la regulación térmica, el control de escorrentía y la captura de carbono. Se asegurará que al menos el 90% de las especies vegetales utilizadas cumplan con este criterio, y se documentará dicha proporción en la conformación final de las áreas verdes.

Paralelamente, se elaborará e implementará un plan de mantenimiento de áreas verdes, el cual contemplará actividades periódicas como riego, poda, control de especies invasoras, reposición de ejemplares y monitoreo de cobertura vegetal. Este programa será ejecutado con una frecuencia bimestral para las labores operativas y contará con una evaluación

anual del estado general de las áreas intervenidas, permitiendo realizar ajustes o mejoras de forma oportuna.

Adicionalmente, como medida de mitigación, se supervisará el uso exclusivo de agroquímicos biodegradables y de baja toxicidad, los cuales deberán estar autorizados por la CICOPLAFEST (Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas). Esta supervisión se integrará al programa de mantenimiento de áreas verdes mediante bitácoras e inspecciones visuales regulares, con el objetivo de evitar la contaminación del suelo, del agua y de los organismos no objetivo, como insectos polinizadores y fauna silvestre.

6.3.3. Programa de Manejo Integral de Fauna

Las distintas etapas de desarrollo del proyecto (preparación, construcción, operación y mantenimiento y abandono), representan una fuente continua de impacto a la fauna de la región, ya sea por pérdida de hábitat o por afectación a los individuos de especies que se desplazan hacia las áreas que mantienen su cobertura vegetal original. Por lo cual este programa garantiza la protección de las poblaciones faunísticas susceptibles durante las diferentes etapas del mismo, poniendo especial énfasis en aquellas especies endémicas e incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Subprograma de Manejo y Rescate de Fauna

La responsabilidad principal que se asume con este subprograma, es la de desarrollar estrategias que fomenten la permanencia de las diversas especies existentes en el proyecto, poniendo particular atención a aquellas endémicas o que se encuentran protegidas.

Objetivos

- Reducir al máximo la pérdida de organismos y especies de fauna silvestre que el desarrollo del proyecto pudiera implicar.
- Proteger la fauna silvestre presente en el predio del proyecto, con especial atención en las especies de importancia ecológica.
- Implementar un plan de rescate y traslado de fauna mediante la captura, traslado y liberación hacia superficie de conservación.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 6.7. Medidas que serán aplicadas como parte de Subprograma de Manejo y Rescate de Fauna.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Realizar un inventario faunístico para identificar la composición de especies nativas, endémicas y protegidas	Prevención	Preparación
Implementar un programa de rescate de fauna, con protocolos específicos por taxa y con énfasis en las especies endémicas y protegidas, asegurando su reubicación en sitios seguros	Prevención	Preparación

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Implementar medidas para minimizar el ruido y las vibraciones, especialmente en horarios sensibles para la fauna (amanecer y atardecer)	Prevención	Preparación, construcción y abandono
Diseñar sistemas de iluminación exterior que minimicen la contaminación lumínica (luces direccionales, ámbar, baja intensidad, horarios controlados)	Prevención	Construcción
Elaborar protocolo de actuación en caso de avistamiento o interacción con mamíferos marinos	Prevención	Construcción
Implementar pasos de fauna (ductos, canaletas naturales) en zonas críticas para mantener conectividad	Mitigación	Construcción

Medida realizada

En primera instancia, se realizó un inventario faunístico del área del proyecto, con el propósito de identificar y registrar las especies vegetales existentes, haciendo énfasis en aquellas que son nativas, endémicas o se encuentran bajo alguna categoría de protección conforme a la legislación ambiental vigente. Este inventario sirvió como base técnica para orientar las decisiones relacionadas con el manejo de la fauna y permitió establecer un diagnóstico claro de la riqueza faunística del sitio.

Medidas a implementarse

Con base en los resultados del inventario, se pondrá en marcha un programa de rescate de fauna, con protocolos diferenciados por taxa (mamíferos, reptiles, aves y anfibios). El programa será implementado por expertos en la materia y priorizará el rescate y reubicación de especies endémicas y protegidas en condiciones seguras y adecuadas, dentro de hábitats similares al sitio de origen. Se llevará un control riguroso mediante reportes diarios, evidencia fotográfica y seguimiento postliberación en los casos que lo ameriten, con el objetivo de alcanzar un éxito superior al 90% en rescates y liberaciones.

Adicionalmente, se implementarán medidas para minimizar el ruido y las vibraciones, particularmente en horarios biológicamente sensibles para la fauna —como el amanecer y el atardecer—, con el fin de evitar alteraciones en patrones de comportamiento, desplazamientos forzados o estrés fisiológico. Estas medidas están contenidas en el Subprograma de Control de Ruido (SCR) y se ejecutarán conforme a la frecuencia establecida para cada acción específica.

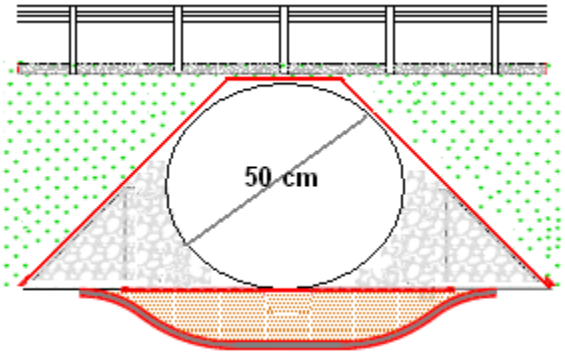
Durante la etapa constructiva también se prevé el diseño e instalación de sistemas de iluminación exterior ambientalmente responsables, que minimicen la contaminación lumínica. Esto incluirá el uso de luces de baja intensidad, espectro ámbar, direccionales hacia el suelo y con horarios controlados de encendido. Estas medidas evitarán la desorientación o afectación de ciclos naturales en especies nocturnas, especialmente aves, murciélagos e insectos polinizadores. La verificación del cumplimiento de estos criterios se realizará al cierre de obra.

Durante la etapa de preparación, previo a la construcción de la planta de ósmosis inversa, se elaborará un protocolo específico de actuación ante el avistamiento o interacción con mamíferos marinos. Este protocolo documentado incluirá las acciones a seguir para evitar alteraciones en el comportamiento de estas especies, así como mecanismos para reportar su presencia. Además, se brindará capacitación al personal involucrado en actividades en

campo, asegurando que cuenten con los conocimientos necesarios para aplicar el protocolo de forma efectiva. La capacitación se realizará previo al inicio de la etapa de construcción.

Por otro lado, como medida de mitigación estructural, se diseñarán e instalarán pasos de fauna en zonas críticas identificadas a lo largo del sitio del proyecto. Estos pasos, que podrán consistir en ductos, canaletas u otras soluciones de conectividad, permitirán el desplazamiento seguro de la fauna terrestre, evitando atropellamientos o aislamiento de poblaciones. Su instalación se ejecutará durante la construcción, y su funcionalidad será evaluada semestralmente mediante inspecciones visuales y registros fotográficos.

Figura 6.5. Ejemplo de diseño de pasos de fauna bajo vialidad.



Subprograma Control de Fauna Nociva

Este subprograma tiene como objetivo prevenir y minimizar los riesgos sanitarios, ecológicos y operativos asociados a la presencia o proliferación de especies consideradas nocivas o invasoras en el proyecto y área de influencia, especialmente durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento. Se consideran fauna nociva aquellas especies cuya presencia puede representar una amenaza para la salud humana, la seguridad del personal, el equilibrio ecológico local o la integridad de las instalaciones del proyecto. Esto incluye, entre otras, roedores, insectos vectores y especies exóticas invasoras que puedan alterar las dinámicas naturales del ecosistema.

Objetivos

- Definir e implementar un protocolo el manejo y reubicación de especies consideradas como de riesgo (anfibios, reptiles y mamíferos), para los usuarios del proyecto (personal, habitantes, turistas) durante las diferentes etapas del proyecto.
- Implementar medidas para el control de especies nocivas, exóticas invasoras o fauna feral. Las acciones a implementarse serán ética y ambientalmente responsables, evitando el uso de métodos agresivos que puedan afectar especies no objetivo o generar desequilibrios ecológicos.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.8

Tabla 6.8. Medidas que serán aplicadas como parte de Subprograma de Control de Fauna Nociva.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Contar con un protocolo para la Prevención de Introducción y Dispersión de Especies Exóticas Invasoras que incluya: Procedimientos de limpieza de maquinaria, control de fuentes de materiales y manejo de residuos para evitar la propagación de especies no nativas.	Prevención	Todas las etapas
Contar con un protocolo para el manejo de especies consideradas riesgosas	Prevención	Todas las etapas

Medidas a implementarse

En primer lugar, se elaborará y adoptará un Protocolo para la Prevención de la Introducción y Dispersión de Especies Exóticas Invasoras, el cual incluirá lineamientos técnicos y operativos aplicables desde la fase de preparación hasta la etapa de abandono. Este protocolo establecerá procedimientos obligatorios para la limpieza y desinfección de maquinaria y equipos, con el fin de evitar el transporte incidental de semillas o propágulos. Asimismo, contemplará criterios para la selección y control de fuentes de materiales (como grava, tierra o vegetación), a fin de asegurar que estos no representen un riesgo de introducción de especies no nativas. Además, se definirán mecanismos adecuados de manejo de residuos y restos vegetales, con el propósito de impedir su dispersión no controlada en el entorno.

Este instrumento será documentado y validado previo al inicio de las actividades del proyecto, y se someterá a revisiones anuales para asegurar su vigencia y pertinencia con base en la evolución del sitio y las condiciones ambientales observadas.

De manera complementaria, se desarrollará un Protocolo para el Manejo de Especies Consideradas Riesgosas, enfocado en aquellas especies de fauna que, por sus características biológicas, comportamiento o potencial de interacción con las actividades humanas, puedan representar un riesgo para el personal, habitantes o turistas. Este protocolo incluirá procedimientos de identificación, contención, reporte y manejo seguro.

Para asegurar la aplicación efectiva de ambos protocolos, se llevará a cabo un programa de capacitación dirigido al personal operativo, el cual incluirá contenidos específicos sobre identificación de especies exóticas invasoras y riesgosas, medidas preventivas, rutas de actuación y uso de equipo de protección. La capacitación se realizará de forma única durante las etapas de preparación, construcción y abandono, y de manera semestral durante la etapa de operación y mantenimiento, garantizando la actualización del personal y el reforzamiento continuo de las buenas prácticas ambientales.

6.3.4. Programa de Manejo Integral de Residuos

Durante las distintas etapas de implementación del proyecto —preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento y abandono— se generarán residuos líquidos, sólidos, de manejo especial y peligrosos que, de no manejarse adecuadamente, podrían representar un riesgo potencial de contaminación para los componentes ambientales, en particular el aire, el agua y el suelo, así como para la integridad del ecosistema en su conjunto.

En atención a lo anterior, y en congruencia con los principios de sustentabilidad que orientan al proyecto, se ha diseñado el presente Programa de Manejo Integral de Residuos, estructurado en torno a tres subprogramas específicos, orientados a atender de manera diferenciada cada tipo de residuo generado.

Este programa tiene como compromisos fundamentales:

a) Reducir al mínimo los riesgos de contaminación de los componentes ambientales, mediante un manejo eficiente, seguro y responsable de todos los residuos generados.
b) Implementar de manera efectiva medidas de mitigación en materia de residuos, mismas que se apegarán a la legislación aplicable.

El programa contempla, además, estrategias de segregación, almacenamiento temporal, transporte autorizado, disposición final adecuada, así como acciones de capacitación, supervisión y seguimiento, que permitirán asegurar su correcta implementación y la mejora continua de su desempeño ambiental.

Subprograma de Manejo Integral de Residuos Líquidos y Sanitarios

Dado que las actividades contempladas durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento y abandono del proyecto generarán residuos líquidos —incluyendo aguas residuales y posibles descargas accidentales— que podrían afectar negativamente el suelo, el manto freático y, por ende, representar un riesgo de contaminación para la zona marina adyacente, se ha diseñado el presente Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos.

Este subprograma tiene como finalidad establecer acciones específicas para prevenir la infiltración o descarga inadecuada de residuos líquidos al suelo, subsuelo o cuerpos de agua, mediante prácticas de manejo ambientalmente responsables y el cumplimiento estricto de la normatividad aplicable.

Objetivos

- Asegurar que el manejo de los residuos líquidos generados por el proyecto se realice conforme a lo establecido en la legislación ambiental vigente, tanto a nivel federal como estatal y municipal.
- Verificar que los sistemas de tratamiento instalados operen bajo los parámetros técnicos que garanticen la calidad del efluente, cumpliendo con las normas oficiales mexicanas correspondientes antes de su reúso o disposición final.

- Minimizar el riesgo de afectación al suelo, acuíferos, cuerpos receptores y la zona marina aledaña, mediante la contención, conducción, almacenamiento y tratamiento adecuados de los residuos líquidos.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.9.

Tabla 6.9. Medidas que serán aplicadas como parte del Subprograma de Manejo Integral de Residuos Líquidos y Sanitarios.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Implementar un sistema definitivo de tratamiento de aguas residuales que cumpla con la normatividad ambiental (PTAR)	Prevención	Operación y mantenimiento
Instalar sistemas temporales de tratamiento de aguas residuales (ej. baños portátiles, a razón de uno por cada diez trabajadores, con gestión segura de residuos)	Mitigación	Preparación, construcción y abandono
Instalar y operar sistemas de contención temporal para residuos líquidos conforme a la normatividad	Mitigación	Todas las etapas
Entregar residuos a empresas autorizadas para reciclaje o disposición final	Mitigación	Todas las etapas
Implementar sistema eficiente de tratamiento de aguas residuales con reutilización para riego o usos no potables	Mitigación	Operación y mantenimiento

Medidas a implementarse

Durante la fase de operación, se tiene prevista la instalación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que cumpla con los límites máximos permisibles establecidos por la normatividad ambiental aplicable. Este sistema será diseñado para garantizar un tratamiento adecuado del efluente generado por las actividades del proyecto. Se pretende la reutilización del agua tratada para su aprovechamiento en usos no potables como el riego de áreas verdes. Como parte del compromiso con la sostenibilidad hídrica, se ha establecido como meta la reutilización de al menos el 50% del volumen tratado. El cumplimiento de este objetivo será monitoreado de forma trimestral, mediante registros que documenten el porcentaje del volumen de agua tratada reutilizada.

Para atender las necesidades sanitarias durante las etapas de preparación, construcción y abandono del proyecto, se instalarán sistemas temporales de tratamiento de aguas residuales, consistentes en baños portátiles en proporción de uno por cada diez trabajadores, acompañados de lavabos ubicados en sus inmediaciones. Estos lavabos estarán equipados con sistemas de captación de aguas jabonosas (aguas grises), las cuales serán recolectadas y retiradas del sitio por empresas debidamente autorizadas para su transporte y disposición final, conforme a la normatividad ambiental aplicable. Tanto los sanitarios como los sistemas de captación contarán con un programa de mantenimiento y vaciado regular, a cargo de una empresa especializada y acreditada por las autoridades competentes, y su funcionamiento será supervisado mediante registros semanales de recolección, evidencia fotográfica y comprobantes de disposición en sitios autorizados.

Durante todas las etapas del proyecto, se implementarán sistemas de contención temporal para residuos líquidos, diseñados conforme a la normatividad vigente en materia de almacenamiento, transporte y disposición final. Estos sistemas estarán conformados por contenedores impermeables, bandejas de retención y barreras físicas, con el objetivo de

prevenir fugas, derrames o infiltraciones al suelo o al sistema hidrológico. Su integridad será verificada cada quince días mediante inspecciones visuales, a fin de asegurar su correcto funcionamiento y prevenir incidentes. Complementariamente, todos los residuos líquidos recolectados serán entregados a empresas autorizadas por la autoridad ambiental para su tratamiento, reciclaje o disposición final, conforme a los lineamientos aplicables. Este proceso será documentado mediante registros mensuales y manifiestos de entrega firmados por los prestadores de servicios autorizados, los cuales formarán parte del sistema de trazabilidad de residuos del proyecto.

Subprograma de Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial

Durante las distintas etapas del proyecto, se generarán residuos sólidos urbanos y en menor medida residuos de manejo especial. Estos residuos pueden representar riesgos significativos para el ambiente si no se gestionan de manera adecuada, incluyendo la posible contaminación del suelo, infiltración hacia el manto freático, afectaciones a la fauna silvestre, dispersión de partículas contaminantes en el aire y generación de vectores sanitarios.

En este contexto, se ha diseñado el Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos y de Manejo Especial, el cual forma parte del Programa de Manejo Integral de Residuos y actúa en coordinación con el Programa de Supervisión Ambiental. Su objetivo es establecer y aplicar medidas técnicas y operativas que aseguren la gestión ambientalmente responsable de estos residuos, en cumplimiento con la legislación vigente.

Objetivos

- Garantizar el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, conforme a la normatividad ambiental aplicable.
- Establecer medidas para la minimización en la fuente de generación, promoviendo prácticas eficientes en la construcción y operación que reduzcan el volumen de residuos producidos.
- Implementar estrategias de separación, reutilización y reciclaje, priorizando la valorización de materiales como plásticos, metales, cartón, vidrio y residuos de construcción, así como el aprovechamiento de residuos orgánicos o vegetales.
- Establecer protocolos diferenciados para la disposición temporal y final de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial, garantizando su almacenamiento seguro, su transporte mediante empresas autorizadas y su disposición en sitios legalmente aprobados.
- Reducir los costos y riesgos asociados al manejo de residuos, mediante un sistema eficiente de segregación, aprovechamiento y control de residuos, que minimice impactos ambientales y económicos.
- Prevenir riesgos a la salud humana y al ambiente, evitando acumulaciones, combustión no controlada, infiltraciones, o disposición clandestina de residuos voluminosos o contaminantes.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.10.

Tabla 6.10. Medidas que serán aplicadas como parte del Subprograma de Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Almacenar materiales alejados de zonas con pendientes pronunciadas o susceptibles a la erosión	Prevención	Construcción
Separar adecuadamente residuos para su reciclaje o disposición, en contenedores rotulados y estratégicamente ubicados	Mitigación	Todas las etapas
Instalar y operar sistemas de contención temporal conforme a la normatividad para residuos sólidos y de manejo especial	Mitigación	Todas las etapas
Entregar residuos a empresas autorizadas para reciclaje o disposición final	Mitigación	Todas las etapas
Manejo ordenado y limpieza continua de las áreas de trabajo, acopio de materiales para evitar la dispersión de residuos y el desorden visual	Mitigación	Construcción
Manejo adecuado de residuos operativos para evitar exposición visual y contaminación del paisaje	Mitigación	Operación y mantenimiento
Implementar programa integral de gestión de residuos sólidos con separación, reciclaje y minimización de disposición final	Mitigación	Todas las etapas
Monitorear la generación y tratamiento de residuos	Mitigación	Operación y mantenimiento

Medidas a implementarse

En todas las etapas del proyecto se procederá con la separación adecuada de residuos, clasificándolos según su tipo (RSU y RME[1]). La identificación se hará con apego a la normatividad aplicable.

Los residuos sólidos generados por el proyecto se deberán acopiar de manera separada en contenedores según lo especificado en la Tabla 6.11.

Tabla 6.11. Clasificación y manejo de residuos sólidos de acuerdo a su tipo.

Categoría	Residuos	Contenedores	Manejo
Residuos orgánicos aptos para composta	Residuos del desmonte y labores de jardinería (ramas, hojas, troncos) Residuos de alimentos de origen vegetal (frutas y verduras)	Contenedores plásticos con tapa, de tamaño variable de acuerdo al volumen de residuos generado por área.	Traslado al área de compostaje para su integración a la formación de abono.

[1] Residuos sólidos urbanos (RSU): los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques, así como los que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública y que tienen características domiciliarias.
Residuos de manejo especial (RME): aquellos generados en los procesos productivos que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

Categoría	Residuos	Contenedores	Manejo
Residuos orgánicos no aptos para composta	Residuos orgánicos de origen animal (huesos, lácteos, cascarones de huevo, carnes y derivados) Residuos de origen vegetal contaminados con residuos peligrosos.	Contenedores plásticos con tapa hermética de tamaño variable de acuerdo al volumen generado por área.	Traslado al almacén de residuos para su recolección por el camión recolector.
Residuos inorgánicos reciclables	Cartón y papel Vidrio Plásticos reciclables Aluminio Tetrapacks	Contenedores plásticos de tamaño variable de acuerdo al volumen generado por área	Traslado al almacén de residuos reciclables para su recolección por compañías especializadas certificadas para su traslado a centros de acopio y reciclaje.
Residuos inorgánicos no reciclables	Plásticos no reciclables Otros materiales no aptos para su reciclaje como desechos sanitarios, PVC, metales y escombro.	Contenedores plásticos de tamaño variable de acuerdo al volumen generado por área.	Traslado al almacén de residuos para su recolección por el camión recolector.

La ubicación, distribución y número de contenedores dependerá de la etapa del proyecto; sin embargo, se deberá garantizar que en la etapa de preparación, construcción y abandono en todos los frentes de obra cuenten con al menos 1 contenedor para cada tipo de residuo por cada 50 empleados, y que dichos contenedores se ubiquen en áreas de fácil acceso y cercanas a las áreas de generación de los residuos.

Durante todas las etapas del proyecto se colocarán señalamientos que sirvan de referencia en cuanto a los procedimientos de separación de los residuos en las áreas donde se ubiquen los contenedores, de esta manera se hará más eficiente su manejo (Figura 6.6). La anterior medida se reforzará con la realización de platicas dirigidas a los trabajadores y usuarios para comunicar el manejo adecuado de los residuos que se generen.

Figura 6.6. Ejemplos de señalamientos que se colocarán en las áreas de contenedores de residuos para fomentar su separación adecuada.





Los residuos inorgánicos reciclables serán manejados de acuerdo a lo establecido en la siguiente Tabla 6.12.

Tabla 6.12. Manejo de residuos sólidos inorgánicos reciclables.

Tipo de residuo	Manejo y acopio temporal
Papel y cartón	Deberá compactarse y mantenerse seco.
Tonners	Deberán acopiarse en contenedores plásticos de tamaño adecuado para su entrega a compañías certificadas para su reutilización.
PET y PEAD	Deberán acopiarse limpios y secos en el almacén de residuos sólidos reciclables para su entrega a una empresa acreditada para su manejo y traslado a centros de acopio o reciclaje.
Vidrio	Deberán acopiarse limpios, secos y en buen estado (no rotos) en el almacén de residuos sólidos reciclables para su entrega a una empresa acreditada para su manejo y traslado a centros de acopio o reciclaje.
Aluminio	Deberán acopiarse limpios, secos y compactados en el almacén de residuos sólidos reciclables para su entrega a una empresa acreditada para su manejo y traslado a centros de acopio o reciclaje.
Tetrapack	Deberán acopiarse limpios, secos y compactados en el almacén de residuos sólidos reciclables para su entrega a una empresa acreditada para su manejo y traslado a centros de acopio o reciclaje.
Neumáticos	Deberán acopiarse en un área protegida de la lluvia para evitar que acumulen agua y entregarse a una empresa acreditada para su manejo y traslado a centros de acopio y transformación para reutilización del material.
Escombro	Deberá acopiarse en un área designada para ello dentro del proyecto en donde será recolectado para su disposición final por una empresa debidamente acreditada para ser llevado a donde indique la autoridad competente.

A su vez, se instalarán y operarán sistemas de contención temporal para residuos sólidos y residuos de manejo especial, cumpliendo con los lineamientos normativos aplicables en cuanto a almacenamiento, impermeabilización, señalización y seguridad. La integridad de estos sistemas será verificada quincenalmente para asegurar la ausencia de fugas o incidentes.

Los residuos orgánicos que no sean susceptibles de aprovechamiento para composta, tales como residuos cárnicos, cascarones de huevo y restos vegetales contaminados con grasas u otras sustancias, deberán ser almacenados en condiciones controladas para evitar impactos sanitarios y ambientales. Durante las etapas de preparación, construcción y abandono, estos residuos serán acopiados en una cámara fría portátil, mientras que en la etapa de operación se dispondrá de una cámara de basura con sistema de refrigeración fija, ambas con dimensiones adecuadas al volumen estimado de generación correspondiente a cada etapa. Estas unidades deberán estar diseñadas para prevenir derrames de lixiviados al suelo, mediante sistemas de contención adecuados, garantizando así un manejo seguro y conforme a la normatividad aplicable.

Paralelamente, el proyecto habilitará un área específica dentro del vivero temporal destinada a la elaboración de composta a partir de residuos orgánicos de origen vegetal no contaminados. Esta composta será utilizada como insumo en las labores de reforestación, mantenimiento de áreas verdes y zonas de conservación, promoviendo la economía circular y la reducción de residuos orgánicos destinados a disposición final.

Para disminuir el impacto ambiental de las obras y actividades mencionadas, siempre que sea posible ambiental, técnica y económicamente, se reutilizarán los materiales que se encuentren en buenas condiciones.

Todos los residuos generados serán entregados a empresas debidamente autorizadas por las autoridades ambientales competentes para su tratamiento, reciclaje o disposición final. Este proceso será respaldado por registros mensuales de entrega y manifiestos oficiales firmados, los cuales integrarán el sistema de trazabilidad de residuos del proyecto. En la etapa de operación y mantenimiento, se pondrá especial atención al manejo adecuado de los residuos operativos, garantizando que las áreas destinadas para su resguardo se mantengan cerradas, limpias y libres de exposición visual, con inspecciones mensuales para confirmar el cumplimiento de esta medida.

Durante la etapa de construcción, se almacenarán todos los materiales alejados de zonas con pendientes pronunciadas o con alta susceptibilidad a la erosión, a fin de prevenir escurrimientos, deslizamientos o dispersión de contaminantes. Esta medida se verificará de forma quincenal mediante inspecciones visuales y evidencia fotográfica. En paralelo, se adoptará un enfoque de limpieza continua y orden en las áreas de trabajo y de acopio, de modo que se evite la dispersión de residuos, la obstrucción de caminos internos y la generación de impactos visuales negativos. Estas condiciones serán documentadas semanalmente a través de registros fotográficos y actas de supervisión.

Finalmente, se establecerá un sistema de monitoreo continuo de la generación y tratamiento de residuos, con reportes consolidados trimestrales que permitan identificar tendencias, evaluar el desempeño de las medidas implementadas y, en su caso, aplicar medidas correctivas de forma oportuna.

Subprograma de Manejo Integral de Residuos Peligrosos

Este subprograma tiene como finalidad prevenir, reducir y manejar de forma segura e integral los materiales y residuos que, por sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad ambiental, inflamabilidad o biológico-infecciosos (CRETIB), son clasificados como residuos peligrosos conforme a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su Reglamento.

Objetivos

- Implementar un manejo integral de residuos peligrosos, que incluya su correcta identificación, clasificación, envasado, almacenamiento temporal y etiquetado, conforme a lo establecido en la legislación.
- Garantizar que las áreas de almacenamiento temporal destinadas a residuos peligrosos cumplan con las condiciones técnicas y de seguridad exigidas por la legislación aplicable, incluyendo señalización, contención, ventilación, impermeabilización y acceso restringido.
- Asegurar que el transporte y disposición final de los residuos peligrosos se realice exclusivamente a través de empresas autorizadas y en sitios debidamente acreditados por la autoridad ambiental competente en cumplimiento a la legislación aplicable.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.13.

Tabla 6.13. Medidas que serán aplicadas como parte del Subprograma de Manejo Integral de Residuos Peligrosos.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Separar adecuadamente residuos para su reciclaje o disposición, en contenedores rotulados y estratégicamente ubicados	Mitigación	Todas las etapas
Instalar y operar sistemas de contención temporal conforme a la normatividad para residuos peligrosos y combustibles	Mitigación	Todas las etapas
Mantenimiento preventivo a áreas de almacenamiento de residuos peligrosos	Mitigación	Todas las etapas
Entregar residuos a empresas autorizadas para reciclaje o disposición final	Mitigación	Todas las etapas

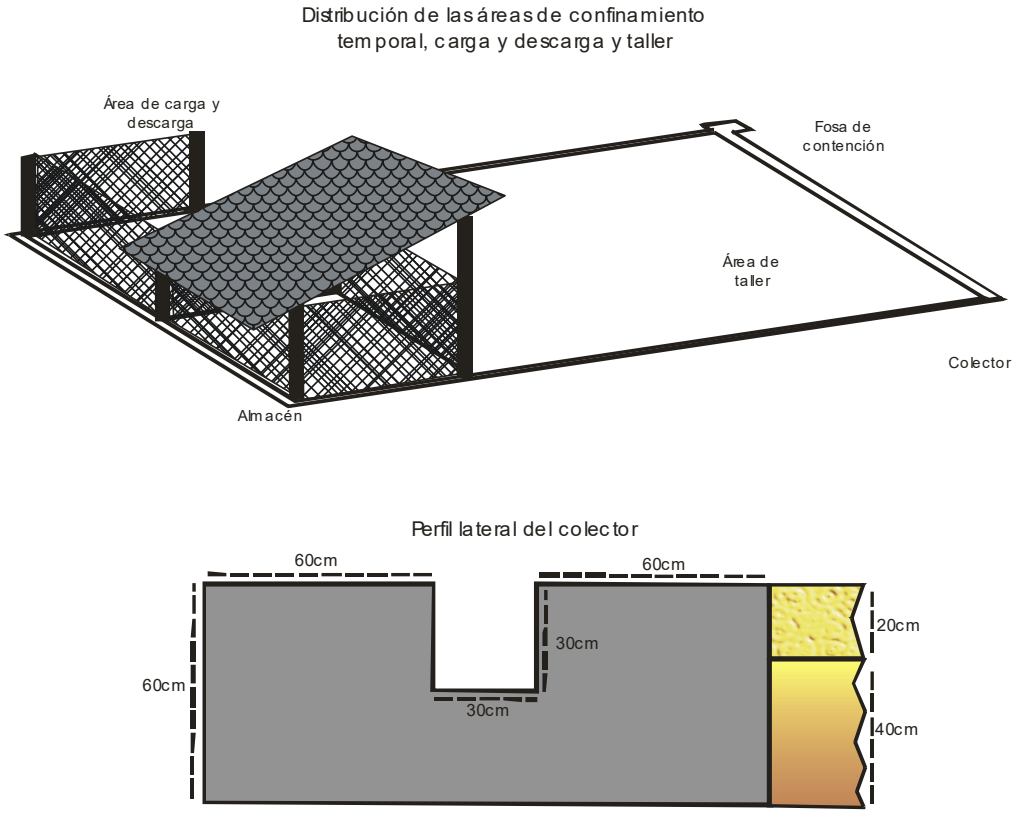
Medidas a implementar

El proyecto generará durante todas sus etapas diversos residuos considerados peligrosos, tales como envases o textiles con pinturas o solventes, baterías, equipo eléctrico, entre otros. Para evitar el riesgo de contaminación al ambiente se destinará un área específica para la construcción de un almacén de residuos peligrosos (Figura 6.7), que cubra las especificaciones establecidas en la ley, entre ellas las que se enlistan a continuación:

- Encontrarse alejado de las áreas de producción, servicios, oficinas y almacenamiento de materias primas o productos terminados.
- Encontrarse cerca de las áreas de generación de ese tipo de residuos.

- Ubicarse en un área que reduzca los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones.
- Construirse con block de concreto con techo de vigueta y bovedilla, sobre una base de cemento firme con canaletas y muros de contención de derrames.
- Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad y los riesgos de los materiales almacenados.

Figura 6.7. Modelo de almacén temporal para residuos peligrosos generados durante las etapas de desarrollo del proyecto.



Los residuos peligrosos generados durante todas las etapas de desarrollo del proyecto deberán manejarse de diferente manera de acuerdo a sus características particulares, en apego a lo establecido en la Tabla 6.14.

Tabla 6.14. Lineamientos para el manejo de los diferentes tipos de residuos peligrosos.

Tipo de Residuo	Manejo	Disposición final
Thiner	Los envases de los residuos peligrosos deberán almacenarse en contenedores plásticos dentro de un gabinete de concreto cerrado y separado de las áreas vulnerables dentro de las embarcaciones o en el área de maniobras.	Serán depositados en bolsas separadas y entregadas a una compañía externa autorizada para su manejo y disposición final.
Pinturas y esmaltes		
Estopas impregnadas con residuos		

Tipo de Residuo	Manejo	Disposición final
Aceite industrial	El aceite industrial utilizado se depositará en un recipiente metálico o plástico de alta densidad de tamaño adecuado para el área o embarcación en la que será colocado.	Será entregado a una compañía externa con autorización para su manejo y disposición final.
Pilas alcalinas	Se colocarán en contendores especiales para tal efecto en las embarcaciones y en el área de maniobras.	Se entregarán a una empresa autorizada en su manejo y disposición final

Todos los residuos peligrosos que se ingresen al almacén del proyecto deberán encontrarse perfectamente embalados y etiquetados. Su ingreso deberá quedar registrado en el momento en la bitácora del almacén de residuos peligrosos de acuerdo al formato que se presenta en la Figura 6.8.

Figura 6.8. Modelo de almacén temporal para residuos peligrosos generados durante las etapas de desarrollo del proyecto.

GENERACIÓN												ALMACENAMIENTO TEMPORAL Art. 71 fracción I inciso (d)		MANEJO		
Nombre del residuo peligroso Art. 71 fracción I inciso (a)	Cantidad generada Ton.	Características de peligrosidad del residuo – Código de peligrosidad de los residuos (CPR) Art. 71 fracción I inciso (b)										Área o proceso de generación Art. 71 fracción I inciso (c)	Fecha de ingreso	Fecha de salida	Fase de manejo siguiente a la salida del almacén Art. 71 fracción I inciso (e)	Prestador de servicio Art. 71 fracción I inciso (f)	
		C	R	E	T	Te	Th	Tt	I	B	M					Nombre, denominación o razón social	Número de autorización
Total		**Nombre del responsable técnico de la bitácora**															

Como medida complementaria, se implementará un programa de mantenimiento preventivo en las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos, que incluirá la revisión periódica de los contenedores, verificación de condiciones de seguridad, limpieza de superficies y reposición de etiquetas. Este programa será documentado mediante bitácoras de mantenimiento y ejecutado con una frecuencia mensual, garantizando así condiciones óptimas de resguardo en todo momento.

En caso de que se tenga que realizar la recarga de combustible de vehículos en la zona de trabajo, se debe de cuidar proteger con una lona donde se encuentre expuesto el suelo y así en caso de derrame se evite el contacto directo con el suelo.

Finalmente, todos los residuos generados —ya sean valorizables o no— serán entregados exclusivamente a empresas autorizadas por las autoridades competentes, para su reciclaje, tratamiento o disposición final. Estas entregas serán registradas mensualmente y respaldadas por manifiestos de disposición firmados, los cuales formarán parte del sistema de trazabilidad del proyecto y servirán como evidencia de cumplimiento ante auditorías y verificaciones ambientales.

6.3.5. Programa de Manejo de Emisiones a la Atmosfera

Durante todas las etapas del proyecto —preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono— se generarán emisiones atmosféricas, tanto en forma de gases contaminantes, material particulado (polvo) y ruido, derivadas principalmente de la operación de vehículos, maquinaria, equipos de construcción, actividades logísticas y procesos asociados al funcionamiento del desarrollo.

Estas emisiones, si no son gestionadas de forma adecuada, pueden afectar la calidad del aire, generar molestias o riesgos para la salud del personal, los usuarios y la población local, así como provocar alteraciones en el entorno natural.

En este contexto, se establece el Programa de Prevención y Control de Emisiones a la Atmósfera, como un instrumento técnico de gestión ambiental orientado a minimizar y controlar los impactos generados por las emisiones atmosféricas durante todo el ciclo de vida del proyecto. Así como a asegurar el cumplimiento de la normatividad vigente y fomentar una operación responsable en términos de calidad ambiental.

Subprograma de control de Gases y Polvos

Durante todas las etapas del proyecto —preparación, construcción, operación, mantenimiento y abandono— se prevé la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes atmosféricos derivados principalmente del uso de vehículos de combustión interna, maquinaria pesada y generación eléctrica.

Asimismo, actividades como el movimiento de tierras, tránsito vehicular en caminos no pavimentados y manejo de materiales secos pueden generar emisiones de material particulado (polvo), afectando la calidad del aire, la visibilidad, y la salud del personal y de la fauna silvestre.

El presente subprograma tiene como finalidad minimizar la emisión de contaminantes atmosféricos, mediante la aplicación de medidas preventivas, operativas y correctivas, promoviendo al mismo tiempo la eficiencia energética y el uso responsable del equipo.

Objetivo general

Reducir y controlar las emisiones de gases contaminantes, incluyendo gases de efecto invernadero (GEI) y material particulado (polvo), generadas por las actividades del proyecto, mediante medidas de gestión ambiental que favorezcan la eficiencia operativa, el cumplimiento normativo y la protección de la salud y el entorno.

Objetivos específicos

- Prevención y reducción de emisiones de GEI y contaminantes atmosféricos.
- Control y supresión de emisiones de polvo.
- Cumplimiento normativo en materia de calidad del aire.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.15.

Tabla 6.15. Medidas que serán aplicadas como parte del Subprograma de control de Gases y Polvos.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Implementar un programa de mantenimiento preventivo para maquinaria, equipos y vehículos para minimizar emisiones	Prevención	Preparación, construcción y abandono
Establecer un programa de optimización de rutas y tiempos de operación para reducir emisiones	Prevención	Preparación, construcción y abandono
Aplicar un programa de verificación vehicular para unidades operativas	Prevención	Operación y mantenimiento
Humedecer periódicamente las áreas de trabajo expuestas para evitar la resuspensión de partículas	Prevención	Preparación, construcción y abandono
Cubrir adecuadamente los materiales de construcción durante el almacenamiento y transporte	Prevención	Construcción
Priorizar el uso de maquinaria con certificación de bajas emisiones	Mitigación	Construcción y abandono
Instalar barreras rompevientos naturales o artificiales en zonas expuestas a dispersión de partículas	Mitigación	Preparación, construcción y abandono
Ejecutar un programa de mantenimiento periódico en caminos y zonas de tránsito vehicular para evitar generación de polvo y acumulación de residuos	Mitigación	Operación y mantenimiento
Utilizar tecnologías y equipos energéticamente eficientes (LED, climatización eficiente, etc.)	Mitigación	Operación y mantenimiento
Monitorear consumo de energía	Mitigación	Operación y mantenimiento

Medidas a implementar

Durante las etapas de preparación, construcción y abandono, se pondrá en marcha un programa de mantenimiento preventivo para maquinaria, equipos y vehículos, con el objetivo de asegurar su correcto funcionamiento y minimizar emisiones contaminantes. El cumplimiento de este programa será verificado mensualmente mediante el porcentaje de unidades con registros de mantenimiento actualizados. De forma complementaria, se establecerá un programa de optimización de rutas y tiempos de operación, orientado a reducir desplazamientos innecesarios y optimizar el uso de combustible. Este programa será documentado una vez por etapa e implementado como parte de la logística operativa del proyecto.

Para la fase de operación y mantenimiento, se aplicará un programa de verificación vehicular periódica, asegurando que todas las unidades operativas cumplan con los parámetros de emisiones establecidos. La verificación será realizada de forma semestral, y su cumplimiento será evaluado con base en el porcentaje de vehículos verificados conforme al calendario establecido.

A fin de controlar la resuspensión de partículas en las áreas de trabajo, se aplicarán medidas como el humedecimiento periódico de superficies expuestas, cuya efectividad se verificará diariamente mediante inspecciones visuales registradas en bitácoras. Asimismo, se exigirá que los materiales de construcción sean cubiertos adecuadamente durante su almacenamiento y transporte, utilizando lonas u otras coberturas, lo cual también será objeto de supervisión diaria.

Durante las etapas de construcción y abandono, se priorizará el uso de maquinaria con certificación de bajas emisiones, y se llevará un control por etapa del porcentaje de equipos que cumplan con esta especificación. Además, en las zonas propensas a la dispersión de partículas se instalarán barreras rompevientos, ya sean naturales (como cercos vivos) o artificiales, para reducir la velocidad del viento y evitar la propagación de polvo. La eficacia de estas barreras será verificada mediante inspecciones visuales y registros fotográficos diarios.

Figura 6.9. Ejemplo de barrera rompevientos para control de polvo.



En la fase operativa, se ejecutará un programa de mantenimiento periódico en caminos internos y zonas de tránsito vehicular, con el fin de evitar la acumulación de residuos y la generación de polvo. Este programa incluirá actividades principalmente de limpieza y será documentado mensualmente a través de bitácoras y reportes de inspección.

En cuanto al consumo energético, se promoverá el uso de tecnologías y equipos energéticamente eficientes, como luminarias LED y sistemas de climatización de bajo consumo. El objetivo será lograr una reducción mínima del 15% en el consumo energético respecto a un escenario sin medidas de eficiencia, evaluado mediante una revisión anual del consumo. De forma complementaria, se establecerá un sistema de monitoreo del consumo energético, con reportes consolidados de manera trimestral que permitan identificar tendencias, evaluar el desempeño de las acciones implementadas y, en caso necesario, aplicar medidas correctivas.

Subprograma de Control de Ruido

Las actividades asociadas a la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono del proyecto generan niveles de emisión sonora que pueden afectar la salud del personal, el bienestar de los usuarios, la percepción de calidad del entorno y la integridad de la fauna silvestre en el área de influencia.

El uso de maquinaria pesada, vehículos de carga, herramientas eléctricas, equipos auxiliares y el tránsito operativo constante pueden provocar niveles de ruido intermitente o continuo que, si no se controlan, podrían superar los límites permisibles establecidos en la normatividad ambiental.

En este contexto, este subprograma tiene como propósito establecer acciones preventivas, correctivas y de control para minimizar los niveles de emisión sonora generados por el proyecto, protegiendo tanto a las personas como al ambiente, y asegurando el cumplimiento de la normatividad aplicable.

Objetivo general

Prevenir, controlar y reducir la emisión de ruido generado por las actividades del proyecto durante todas sus etapas, garantizando condiciones acústicas seguras y saludables para las personas, minimizando impactos sobre la fauna silvestre y asegurando el cumplimiento de los límites establecidos por la normatividad ambiental.

Objetivos específicos

- Prevenir la generación excesiva de ruido en las actividades operativas del proyecto.
- Implementar medidas técnicas y operativas para la reducción de emisiones sonoras.
- Evaluar y monitorear los niveles de ruido ambiental generados por el proyecto.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.16.

Tabla 6.16. Medidas que serán aplicadas como parte del Subprograma de Control de Ruido.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Realizar mantenimiento preventivo a maquinaria y equipo para evitar niveles de ruido excesivos	Prevención	Todas las etapas
Utilizar maquinaria equipada con sistemas de control de ruido (silenciadores, aislamiento acústico, etc.)	Prevención	Preparación, construcción y abandono
Implementar aislamiento acústico a equipamiento u otras fuentes de ruido continuo	Prevención	Operación y mantenimiento
Instalar barreras acústicas temporales en torno a las fuentes de mayor emisión de ruido, especialmente en áreas sensibles	Mitigación	Preparación, construcción y abandono
Establecer y hacer cumplir un horario exclusivo de operación diurno (evitando horas de descanso)	Mitigación	Preparación, construcción y abandono
Realizar monitoreos periódicos de niveles sonoros conforme a la normatividad	Mitigación	Operación y mantenimiento

Medidas a implementar

Durante las etapas de preparación, construcción, operación, mantenimiento y abandono, se llevará a cabo un programa de mantenimiento preventivo para maquinaria y equipo, con el fin de evitar niveles de ruido excesivos derivados de fallas mecánicas, vibraciones o desgaste de componentes. El cumplimiento de esta medida será verificado mensualmente, mediante el porcentaje de maquinaria con registros actualizados de mantenimiento.

Adicionalmente, durante las fases de preparación, construcción y abandono, se dará prioridad al uso de maquinaria equipada con sistemas de control de ruido, tales como silenciadores, encapsulados acústicos o aislamiento de fuentes sonoras, verificando por etapa el porcentaje de equipos que cumplan con estos requisitos. En la etapa de operación y mantenimiento, se implementará aislamiento acústico en equipos o instalaciones que generen ruido continuo (Figura 6. 10), con el propósito de mantener los niveles sonoros dentro de los límites establecidos por la normatividad vigente, lo cual será verificado mediante inspecciones semanales y registros en bitácora.

Figura 6. 10. Ejemplo de encapsulamiento de máquinas y motores.



Para reforzar la mitigación del ruido en áreas críticas o sensibles, se instalarán barreras acústicas temporales alrededor de las principales fuentes de emisión sonora (Figura 6.11), especialmente cuando se ubiquen cerca de viviendas, zonas de descanso o hábitats de fauna. Estas barreras podrán consistir en elementos físicos, naturales o modulares, cuya efectividad será evaluada semanalmente mediante inspecciones visuales y registros fotográficos.

Figura 6.11. Ejemplo de barreras acústicas.



De forma complementaria, se establecerá y hará cumplir un horario exclusivo de operación diurna, evitando actividades ruidosas durante horarios de descanso, especialmente en la noche o en la madrugada. El cumplimiento de esta medida será documentado mediante bitácoras de inspección semanales.

Finalmente, durante la etapa operativa, se realizarán monitoreos periódicos de niveles sonoros, conforme a lo establecido por la normativa ambiental vigente. Estos monitoreos se llevarán a cabo con una frecuencia trimestral, y los resultados se integrarán en reportes técnicos que permitan verificar el cumplimiento de los límites establecidos, así como identificar la necesidad de implementar medidas adicionales en caso de desviaciones.

6.3.6. Programa de Manejo Integral del Agua

Este programa está orientado a garantizar el uso eficiente, racional y responsable del recurso hídrico, así como la protección de su calidad, disponibilidad y función ecológica. Su enfoque se basa en la conservación del ciclo hidrológico natural y la prevención de la contaminación.

Este programa establece medidas integradas de uso, tratamiento, reúso y disposición del agua, aplicables en cada una de las etapas del proyecto. Incluye además acciones específicas para la gestión de aguas pluviales, residuales y marinas, con base en criterios de sustentabilidad, normatividad aplicable y buenas prácticas ambientales.

Objetivo general

Asegurar la gestión integral, eficiente y sustentable del agua en todas sus formas y usos dentro del proyecto, promoviendo su conservación, calidad y disponibilidad, así como la prevención de impactos negativos sobre los ecosistemas acuáticos y cuerpos receptores asociados.

Objetivos específicos

- Prevenir la sobreexplotación y contaminación de las fuentes de agua en el área de influencia del proyecto, mediante estrategias de aprovechamiento alternativo.
- Controlar las aguas residuales generadas en la etapa de operación del proyecto, asegurando su tratamiento conforme a las normas oficiales y su disposición segura sin afectar suelos, cuerpos de agua o ecosistemas costeros.
- Promover la infiltración y recarga natural del acuífero a través del manejo adecuado de aguas pluviales y residuales, así como la conservación de superficies permeables y vegetación natural.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente tabla

Tabla 6.17. Medidas que serán aplicadas como parte del Programa de Manejo Integral del Agua.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Realizar estudios de línea base sobre la calidad del agua subterránea y el estero El Gato	Prevención	Preparación
Evaluación hidrogeológica para identificar interacción entre aguas subterráneas y el manglar	Prevención	Preparación
Realizar estudios de línea base sobre la disponibilidad de agua y recarga del acuífero	Prevención	Preparación
Identificación y mapeo detallado de los patrones de drenaje superficial existentes para evitar su obstrucción o alteración por las actividades del proyecto	Prevención	Preparación
Diseño del proyecto que respete el escurrimiento superficial natural	Prevención	Preparación
Realizar estudios de línea base sobre calidad del agua marina	Prevención	Preparación
Implementar zanjas de desviación, diques o barreras naturales para el control de escorrentía y evitar erosión superficial	Prevención	Preparación, construcción y abandono
Implementar un programa de mantenimiento de redes hidráulicas para evitar fugas	Prevención	Operación y mantenimiento
Implementar un programa regular de mantenimiento de la PTAR	Mitigación	Operación y mantenimiento
Monitoreo de calidad del efluente de la PTAR (parámetros fisicoquímicos y microbiológicos)	Mitigación	Operación y mantenimiento
Planificación del manejo de efluentes del sistema de ósmosis inversa con diseño óptimo de descarga (difusores, ubicación y profundidad)	Prevención	Preparación

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Implementar sistema de ósmosis inversa para cubrir necesidades de agua potable del proyecto y reducir presión sobre el acuífero	Mitigación	Operación y mantenimiento
Instalar y operar un sistema de tratamiento de agua mediante ósmosis inversa que cumpla con la normatividad y que cuente con monitoreo continuo del volumen extraído y retornado	Mitigación	Construcción y operación y mantenimiento
Monitorear turbidez y sólidos suspendidos en áreas de toma y descarga durante instalación del sistema de ósmosis inversa	Mitigación	Construcción
Ejecutar programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la planta de ósmosis inversa para garantizar operación eficiente	Prevención	Operación y mantenimiento
Monitorear las descargas del sistema de ósmosis inversa	Mitigación	Operación y mantenimiento
Usar materiales permeables en vialidades, estacionamientos, senderos y áreas de aprovechamiento sin edificación	Mitigación	Construcción
Diseño y mantenimiento de sistemas de drenaje pluvial para: 1. Favorecer la infiltración en áreas de recarga, utilizando técnicas de biofiltración y retención de sedimentos 2. Asegurar que no se generen flujos concentrados que puedan causar erosión y alteración de la estructura del suelo El sistema de drenaje pluvial deberá estar separado del drenaje sanitario	Mitigación	Construcción y operación y mantenimiento
Monitorear consumo de agua y generación de aguas residuales	Mitigación	Operación y mantenimiento
Colocación de pasos de agua en vialidades y otras áreas necesarias para mantener la continuidad del flujo hidrológico de acuerdo a los escurrimientos naturales que existen en la zona del proyecto	Mitigación	Construcción
Instalar cuneta en las vialidades para minimizar efectos de contaminación en las escorrentías.	Prevención	Construcción
Implementación obligatoria para los desarrolladores de los diferentes lotes de sistemas ahorradores de agua en sus instalaciones	Mitigación	Construcción

Medidas realizadas

Durante la fase de preparación, se realizaron estudios de línea base sobre la calidad del agua subterránea y del estero El Gato, los cuales permitieron establecer un diagnóstico inicial de las condiciones fisicoquímicas de estos cuerpos de agua. Asimismo, se llevó a cabo una evaluación hidrogeológica para identificar la interacción entre el acuífero y el sistema de manglar colindante, lo que proporcionó información importante para evitar interferencias negativas con estos ecosistemas. Como complemento, se desarrolló un estudio sobre la disponibilidad de agua y los patrones de recarga del acuífero, así como un mapeo de los patrones de drenaje superficial existentes, con el objetivo de evitar su obstrucción o alteración durante las fases constructivas y operativas del proyecto.

Asimismo, se elaboró un estudio sobre la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo y los patrones de recarga del acuífero, acompañado de un mapeo detallado de los escurrimientos superficiales presentes en el sitio, con el propósito de prevenir su obstrucción o modificación durante las etapas constructiva y operativa. Como parte del análisis técnico, se realizó también estudio de modelación numérica para la planificación de descarga de la planta de ósmosis inversa.

Basado en estos insumos, el diseño del proyecto incorpora medidas de mitigación estructural orientadas a conservar los flujos hidrológicos naturales y controlar el escurrimiento superficial. Entre ellas se contempla la instalación de pasos de agua en vialidades y puntos críticos, así como cunetas para el manejo de escorrentías, con el objetivo de reducir el arrastre de sedimentos y contaminantes durante eventos pluviales. Estas infraestructuras serán verificadas al cierre de obra y estarán sujetas a una evaluación funcional semestral durante la operación del proyecto.

Sustentado en la modelación numérica se pudo establecer la ubicación del punto de descarga de la planta de ósmosis inversa, así como establecer el diseño técnico del difusor, a fin de garantizar una adecuada dispersión del efluente y reducir al mínimo los efectos sobre el cuerpo receptor.

Medidas a implementarse

Con el fin de establecer un diagnóstico inicial de las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua subterránea, previo al inicio de actividades se realizará un estudio de calidad del agua en el acuífero.

Durante la preparación, construcción y abandono, se implementarán zanjas de desviación, diques o barreras naturales que permitan el control de escorrentía superficial y prevengan procesos erosivos. Estas estructuras serán inspeccionadas semanalmente y tras lluvias significativas (≥20 mm), a fin de asegurar su efectividad. De manera complementaria, en la construcción se instalará un sistema de drenaje pluvial independiente del drenaje sanitario, diseñado para favorecer la infiltración en áreas de recarga mediante técnicas de biofiltración y retención de sedimentos, evitando la formación de flujos concentrados. Este sistema contará con un programa mensual de mantenimiento documentado en la etapa de operación.

En lo referente al uso del recurso hídrico, el proyecto contempla la instalación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que cumpla con los límites normativos, cuyo funcionamiento será respaldado por un programa semestral de mantenimiento, así como por un monitoreo regular de calidad del efluente, a través de análisis realizados por un laboratorio acreditado por la EMA. Adicionalmente, se establecerá un programa de mantenimiento trimestral para las redes hidráulicas, enfocado en la detección y corrección oportuna de fugas.

Para reducir la presión sobre el acuífero, el proyecto incorporará un sistema de ósmosis inversa, cuyo diseño contemplará criterios técnicos para el manejo y descarga del efluente, incluyendo estudios de dispersión y modelación hidrodinámica para determinar la ubicación, profundidad y configuración de difusores. Durante su construcción, se llevará a cabo un monitoreo diario de turbidez y sólidos suspendidos en las áreas de toma y descarga, y se aplicará un programa semestral de mantenimiento preventivo y correctivo para asegurar su óptimo desempeño.

En paralelo, se promoverá la eficiencia hídrica en la infraestructura del proyecto, priorizando el uso de materiales permeables en vialidades, estacionamientos y senderos, con una meta de cobertura mínima del 80% en las áreas sin edificación. Además, se establecerá como obligatorio para todos los desarrolladores futuros de lotes la instalación de sistemas ahorradores de agua, medida que será verificada al cierre particular de cada obra. Finalmente, se implementará un sistema de monitoreo trimestral del consumo de agua y la generación de aguas residuales, con reportes consolidados que permitan identificar tendencias, evaluar el desempeño hídrico del proyecto en su etapa operativa y aplicar medidas correctivas en caso necesario.

6.3.7. Programa de Monitoreo Ambiental

Con el objetivo de evaluar de forma sistemática la efectividad de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas en el SGAS, y de generar información técnica útil para ajustar o reorientar dichas estrategias, se ha diseñado el presente Programa de Monitoreo Ambiental (PMA).

Este programa se basa en la utilización de indicadores de calidad ambiental, los cuales permiten medir el comportamiento de variables clave a lo largo del tiempo. Estos indicadores actúan como señales de cambio en el entorno y facilitan la evaluación objetiva de si las acciones implementadas están generando los efectos deseados o si requieren ajustes. El monitoreo continuo y periódico garantiza un enfoque adaptativo que mejora la toma de decisiones y fortalece la gestión ambiental del proyecto.

El PMA se enfoca principalmente en los componentes de vegetación, fauna, recurso hidrológico, manglar y en la condición ecológica general e integridad de los ecosistemas considerados para conservación.

Subprograma de Monitoreo de la Calidad del Agua

Este subprograma tiene como propósito dar seguimiento sistemático de la calidad del agua, reconociendo su importancia desde la perspectiva ambiental y ecosistémica. El enfoque de este subprograma contempla la evaluación técnico-científica mediante el análisis de parámetros físico-químicos y biológicos.

Objetivo general

Vigilar y evaluar de manera continua la calidad del agua subterránea en el área de influencia del proyecto, con el fin de detectar oportunamente posibles alteraciones y orientar la toma de decisiones en el manejo responsable del recurso hídrico.

Objetivos específicos

- Realizar monitoreos periódicos de calidad y cantidad del agua subterránea mediante parámetros establecidos, incluyendo análisis de estado trófico, niveles freáticos y concentración de contaminantes.
- Detectar y evaluar posibles impactos derivados de las actividades del proyecto sobre el componente hídrico.
- Utilizar la interpretación de los datos obtenidos para la revisión y ajuste de medidas de mitigación y, en su caso, la implementación de medidas correctivas.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.18.

Tabla 6.18. Medidas que serán aplicadas como parte del Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Monitoreo de calidad del agua subterránea y estero El Gato (parámetros fisicoquímicos y microbiológicos)	Mitigación	Preparación, construcción y operación y mantenimiento

Medidas a implementarse

La calidad del agua se evaluará de acuerdo a sus características físicas, químicas y microbiológicas necesarias para mantener la diversidad y desarrollo de los ecosistemas del proyecto. Se actualizará de manera permanente la información ecológica, lo que, permitirá dar seguimiento a la condición del agua subterránea en el proyecto.

El programa de monitoreo se iniciará con una línea base de la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua, con énfasis en los siguiente parámetros: pH, color, turbidez, grasas y aceites; sólidos suspendidos; sólidos disueltos; conductividad eléctrica; dureza total; nitritos, nitratos y fosfatos; cloruros, oxígeno disuelto; demanda bioquímica de oxígeno (DBO), coliformes totales; coliformes fecales; detergentes (sustancias activas al azul de metileno SAAM); el análisis será representativo de las condiciones generales del cuerpo de agua y considerará las variaciones estacionales del mismo.

Para vigilar que la calidad del agua tratada procedente de la planta de tratamiento y su uso para el riego de áreas verdes y ajardinadas, se plantea supervisar el estricto cumplimiento de las NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997.

Se proponen dos muestreos anuales durante la preparación y construcción, uno durante la época de lluvias y el otro durante la época de secas. Posteriormente un muestreo anual durante la operación del proyecto, durante los primeros cinco años, y posteriormente se evaluará la efectividad de las acciones y su temporalidad.

Subprograma de Monitoreo de Vegetación

Ante la perspectiva de modificación del paisaje natural derivada de los cambios de uso de suelo y actividades propias del proyecto, se considera fundamental implementar un Subprograma de Monitoreo de Vegetación, que permita evaluar de manera continua los efectos sobre las comunidades vegetales, así como la efectividad de las medidas de conservación, restauración y mitigación propuestas.

Objetivo general

Generar información ecológica confiable y actualizada que sirva de base para ajustar o reforzar las estrategias de manejo ambiental, con énfasis en la conservación de la estructura y funcionalidad de las comunidades vegetales, la calidad ambiental de las áreas verdes del proyecto y, particularmente, la integridad ecológica de las zonas destinadas a conservación.

Objetivos específicos

- Seleccionar indicadores ecológicos (biológicos y estructurales) que permitan medir, de forma periódica, los cambios en la salud de la vegetación y la eficacia de las medidas de manejo implementadas.
- Diseñar una red de monitoreo permanente, con sitios de muestreo representativos para cada tipo de vegetación y zona de conservación, así como protocolos estandarizados para el levantamiento de datos.
- Detectar de manera sistemática cambios en la estructura, composición y cobertura vegetal, tanto en áreas intervenidas como en zonas de conservación y amortiguamiento.
- Evaluar el grado de éxito de las acciones de reforestación, revegetación o restauración ecológica, mediante criterios técnicos como sobrevivencia de plantas, cobertura alcanzada y presencia de especies objetivo.
- Ajustar, en función de los resultados obtenidos, las estrategias de manejo y restauración, promoviendo un enfoque adaptativo que garantice la resiliencia de los ecosistemas a lo largo del tiempo.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.19.

Tabla 6.19. Medidas que serán aplicadas como parte del Programa de Monitoreo de Vegetación.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Monitorear la vegetación para detectar la introducción de especies exóticas invasoras y evaluar salud de las poblaciones nativas, incluyendo especies en categoría de protección	Mitigación	Preparación, construcción y operación y mantenimiento

Medidas a implementarse

Se implementará un esquema de muestreo sistemático y recolección de datos cuantitativos que permita generar información confiable y continua sobre las condiciones de la vegetación. Este esfuerzo incluirá el levantamiento de inventarios florísticos, la caracterización de la estructura vegetal y la evaluación de la diversidad de especies, diferenciando cada tipo de comunidad vegetal presente en el área del proyecto. Para ello, se establecerán sitios permanentes de muestreo, cuya ubicación será determinada directamente en campo, con base en criterios ecológicos y de representatividad.

Las actividades del programa de monitoreo dieron comienzo con la caracterización de la vegetación que ya ha sido realizada, lo que permitió contar con una línea base ecológica, esencial para identificar y evaluar los cambios que pudieran ocurrir en las distintas etapas del proyecto.

Se recomienda que el muestreo de vegetación se realice al menos dos veces al año durante las etapas de preparación y construcción, preferentemente en temporadas seca y húmeda, con el fin de capturar la variabilidad estacional. Durante la etapa de operación, se continuará con un muestreo anual durante los primeros cinco años, tras lo cual se evaluará la pertinencia de ajustar la periodicidad con base en los resultados obtenidos y la efectividad de las medidas de manejo implementadas.

Subprograma de Monitoreo de Fauna

Este subprograma tiene como finalidad hacer un seguimiento sistemático del estado y dinámica de las poblaciones animales presentes en el área del proyecto, considerando tanto su permanencia como su posible desplazamiento. Uno de los aspectos clave de este subprograma es la evaluación del grado de integridad ecológica del ecosistema, entendida como el estado funcional y estructural de sus componentes bióticos.

Aunque la integridad ecológica no puede medirse en su totalidad, puede documentarse indirectamente mediante el seguimiento de especies indicadoras, cuya presencia, abundancia o comportamiento reflejan el estado general del sistema natural.

Objetivo general

Identificar alteraciones en las comunidades faunísticas, para la toma de decisiones informada sobre su manejo y, en su caso, implementar medidas preventivas y correctivas ante impactos no previstos.

Objetivos específicos

- Seleccionar especies o grupos indicadores cuya respuesta ecológica sea sensible a los cambios inducidos por el proyecto y que permitan monitorear la efectividad de las medidas de manejo.
- Diseñar una red de muestreo permanente, con estaciones fijas, técnicas estandarizadas y criterios de análisis comparables a lo largo del tiempo.
- Evaluar sistemáticamente los cambios en la composición, estructura y abundancia de la fauna silvestre, asociados a la fragmentación, pérdida o modificación de hábitats.
- Medir el éxito de las acciones de rescate, reubicación y manejo de fauna, asegurando la protección de especies vulnerables y su posible reintegración al hábitat.
- Ajustar las estrategias de manejo, restauración y conservación de fauna conforme evolucionen las condiciones ecológicas del sitio, promoviendo un enfoque adaptativo y preventivo.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.20.

Tabla 6.20. Medidas que serán aplicadas como parte del Programa de Monitoreo de Fauna.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Monitorear la fauna para detectar la introducción de especies exóticas invasoras y evaluar salud de las poblaciones nativas, incluyendo especies en categoría de protección	Mitigación	Preparación, construcción y operación y mantenimiento

Medidas a implementarse

El programa de monitoreo va a incluir tres tipos básicos de actividades:

- Monitoreo de biodiversidad,
- Monitoreo de impacto y,
- Monitoreo de especies.

En los tres casos, el monitoreo se llevará a cabo en áreas de aprovechamiento y conservación, evaluando indicadores biológicos (Tabla 6.21). que nos permitirá conocer el estado del entorno. Asimismo, existen especies que indican perturbación, así como especies que indican buen estado de conservación, así como otras que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Tabla 6.21. Parámetros, índices e indicadores sugeridos para el Subprograma de Monitoreo de Fauna.

Parámetros, índices o indicadores	Definición	Objetivo
Riqueza específica	Es el conjunto de especies de un taxón dentro de un área determinada. Se propone evaluar en aves, mamíferos, reptiles y anfibios.	Establecer la línea base de especies presentes, las potencialmente utilizables como bioindicadores y/o de interés especial.
Abundancia relativa	Es la proporción del tamaño poblacional de una especie con respecto al total de la población de las especies simpátricas, en el grupo de interés.	Determinar tendencia poblacional, y obtener información para los índices de diversidad.
Índice de diversidad de especies	Se estima utilizando la riqueza específica y sus abundancias relativas. Se utilizará el índice de Shannon-Wiener.	Evaluar los cambios ocurridos a través de la comparación entre el sitio a desarrollar y un sitio testigo.
Indicadores biológicos	Especies o grupos de especies que reflejan el estado de integridad ecológica del sistema.	Conocer el grado de afectación del ambiente a lo largo del desarrollo y del manejo del predio.
Especies de interés particular	Son especies elegidas por razones obvias de conservación tales como *status* o carisma.	Aportar información de utilidad para planes de conservación de dichas especies.

Las actividades del programa de monitoreo dieron comienzo con la caracterización de la fauna que ya ha sido realizada, lo que permitió contar con una línea base ecológica, esencial para identificar y evaluar los cambios que pudieran ocurrir en las distintas etapas del proyecto.

Durante los recorridos de monitoreo se llevarán a cabo registros sistemáticos de fauna vertebrada, con una frecuencia semestral durante las etapas de preparación y construcción, y anual durante la etapa de operación y mantenimiento, durante los primeros cinco años. El monitoreo se enfocará en la evaluación de la frecuencia de individuos por unidad ambiental y tipo de vegetación, utilizando como grupos indicadores a cuatro clases de vertebrados: aves, mamíferos, reptiles y anfibios, debido a su sensibilidad a los cambios en el hábitat y su relevancia ecológica. Como parte del monitoreo de impactos, se registrará también la presencia de especies exóticas, cuya detección temprana permitirá implementar medidas de control y erradicación. Al término del periodo inicial de cinco años, se realizará una evaluación de la temporalidad, efectividad y pertinencia de las medidas aplicadas, con el fin de ajustar el programa de monitoreo conforme a los resultados observados y a las condiciones ecológicas del entorno.

Subprograma de Monitoreo de Calidad de Agua Marina

Este subprograma tiene como propósito dar seguimiento sistemático a las condiciones fisicoquímicas y biológicas del cuerpo marino adyacente al área del proyecto, con el fin de identificar posibles alteraciones asociadas a las descargas del sistema de ósmosis inversas.

La implementación de este subprograma permitirá establecer una línea base de calidad ambiental marina, evaluar impactos directos e indirectos en diferentes fases del proyecto y generar información técnica confiable para la toma de decisiones y la adaptación de medidas de mitigación. Asimismo, busca preservar los servicios ecosistémicos marinos, proteger especies de interés ecológico o pesquero y contribuir a la sostenibilidad del entorno costero.

Objetivo general

Monitorear y evaluar de manera continua la calidad del agua marina en el área de influencia de la descarga de efluentes del sistema de ósmosis inversa, para detectar oportunamente alteraciones que pudieran comprometer la salud del ecosistema, permitiendo la aplicación de medidas preventivas, correctivas o de mitigación.

Objetivos específicos

- Establecer una línea base de calidad del agua marina, mediante el análisis de parámetros físico-químicos, biológicos y microbiológicos en puntos estratégicos del área de influencia considera para la descarga de los efluentes del sistema de ósmosis inversa.
- Identificar condiciones de referencia ecológica que permitan comparar los resultados del monitoreo durante las etapas subsecuentes.
- Diseñar una red de monitoreo marino, con puntos de muestreo georreferenciados, métodos estandarizados y periodicidad definida.
- Monitorear la calidad del agua marina de manera sistemática, identificando cambios en indicadores clave como temperatura, pH, turbidez, oxígeno disuelto, nutrientes (nitratos, fosfatos), hidrocarburos, metales pesados, coliformes fecales, entre otros.

- Proporcionar información técnica para la toma de decisiones, permitiendo la implementación de medidas correctivas en caso de desviaciones significativas respecto a los valores de referencia establecidos.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.22.

Tabla 6.22. Medidas que serán aplicadas como parte del Programa de Monitoreo de Calidad del Agua Marina.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Monitorear calidad del agua marina en puntos de control cercanos a la zona de descargas del sistema de ósmosis inversa	Mitigación	Operación y mantenimiento

Medidas a implementarse

Como parte de las acciones de mitigación orientadas a prevenir impactos en el medio marino, se implementará un programa de monitoreo sistemático de la calidad del agua marina en puntos de control ubicados en las proximidades de la zona de descarga del sistema de ósmosis inversa. Esta medida tiene como objetivo verificar que la operación del sistema no genere alteraciones en los parámetros fisicoquímicos del agua que puedan afectar la integridad de los ecosistemas costeros o marinos circundantes.

El monitoreo se realizará con una frecuencia semestral durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, y contemplará el análisis de parámetros clave definidos en la normatividad ambiental aplicable. Los resultados obtenidos serán consolidados en reportes técnicos, los cuales deberán mostrar que los valores registrados se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por la legislación vigente.

Subprograma de Monitoreo de Comunidad Pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna) y Bentónica

El subprograma tiene como finalidad monitorear de forma sistemática la estructura, composición y dinámica de las comunidades pelágicas y bentónicas presentes en la zona marina de influencia de la toma de agua y descarga de los efluentes del sistema de ósmosis inversa. Estas comunidades son fundamentales para el equilibrio ecológico del ecosistema marino, ya que representan los niveles tróficos base y medios, además de ser indicadores sensibles a cambios en la calidad del agua y la presión antrópica. El monitoreo permitirá establecer una línea base ecológica, detectar variaciones atribuibles a desarrollo del proyecto —incluyendo procesos como la captación de agua marina para ósmosis inversa y la descarga de efluentes— y definir medidas de mitigación o restauración, en caso necesario.

Objetivo general

Evaluar la condición ecológica y los posibles cambios en la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna) y bentónica como resultado de las actividades del proyecto, a fin de prevenir, mitigar o compensar impactos adversos en la biodiversidad y funcionalidad del ecosistema marino.

Objetivos específicos

- Establecer una línea base ecológica mediante la caracterización de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna) y bentónica, evaluando su composición, abundancia y diversidad en condiciones naturales.
- Seleccionar especies o grupos funcionales indicadores cuya sensibilidad permita detectar cambios en la calidad del agua y el funcionamiento trófico del ecosistema marino.
- Diseñar una red de muestreo permanente con estaciones de referencia y técnicas estandarizadas que aseguren comparabilidad en el tiempo y espacio.
- Evaluar sistemáticamente los cambios en la estructura y dinámica de la comunidad pelágica y bentónica en relación con actividades del proyecto como la captación de agua marina, construcción de infraestructura, operación de sistemas de descarga y otras posibles fuentes de perturbación.
- Medir la efectividad de las medidas de prevención y mitigación aplicadas para evitar afectaciones sobre la biota pelágica, particularmente en zonas de influencia directa del proyecto.
- Ajustar las estrategias de manejo ambiental del componente marino con base en los resultados del monitoreo, promoviendo un enfoque adaptativo que permita prevenir impactos acumulativos o residuales.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.23.

Tabla 6.23. Medidas que serán aplicadas como parte del Subprograma de Monitoreo de Comunidad Pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna) y Bentónica.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Realizar estudios de línea base sobre la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton, ictiofauna) en zona de influencia de la toma y descarga del sistema de ósmosis inversa	Prevención	Preparación
Implementar monitoreo de la comunidad pelágica en zonas de influencia (succión y descarga) de la planta de ósmosis inversa	Mitigación	Operación y mantenimiento
Realizar estudios de línea base sobre la comunidad bentónica en área de influencia de la descarga del sistema de ósmosis inversa	Prevención	Preparación
Implementar monitoreo de la comunidad bentónica en la zona de descarga de la planta de ósmosis inversa para detectar posibles alteraciones en composición, abundancia, diversidad o salud como resultado de la descarga del efluente	Mitigación	Operación y mantenimiento

Medidas a implementarse

Durante la fase de preparación del proyecto, se llevarán a cabo estudios de línea base enfocados en la caracterización de la comunidad pelágica, incluyendo fitoplancton, zooplancton e ictiofauna, en las zonas donde se prevé la succión y descarga del sistema de ósmosis inversa. Este levantamiento permitirá establecer el estado ecológico inicial de la columna de agua, identificar especies indicadoras y documentar la estructura trófica de referencia para futuras comparaciones. De manera complementaria, se realizará un estudio de línea base de la comunidad bentónica en el área de influencia de la descarga, con énfasis en la composición, abundancia y sensibilidad ecológica de las especies presentes en los sustratos marinos.

Durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, se implementará un programa de monitoreo semestral de la comunidad pelágica en las zonas cercanas a la toma y descarga. Este monitoreo buscará detectar variaciones significativas en la estructura de la comunidad, evaluando la riqueza de especies, la diversidad y la presencia o ausencia de especies indicadoras. Se considerará como éxito la observación de variaciones dentro de los límites naturales estacionales, sin pérdida de riqueza biológica ni dominancia de especies oportunistas o altamente tolerantes.

De forma paralela, se llevará a cabo un monitoreo semestral de la comunidad bentónica en la zona de descarga, con el objetivo de detectar posibles alteraciones en la composición, abundancia, diversidad o salud ecológica de los organismos asociados al fondo marino. El seguimiento se centrará en identificar la estabilidad o resiliencia de la comunidad frente a los cambios inducidos por el efluente tratado. Se considerará como indicador de éxito la ausencia de pérdida de especies sensibles o indicadoras, así como la presencia de solo impactos leves y controlados, compatibles con la dinámica natural del ecosistema.

Ambos programas de monitoreo biológico contribuirán a validar el desempeño ambiental del sistema de ósmosis inversa, evaluar el cumplimiento de los criterios ecológicos establecidos y generar información científica de utilidad para la gestión adaptativa del proyecto. Estos estudios también fortalecerán la capacidad del proyecto para anticiparse a impactos no identificados en el medio marino, asegurando la conservación de los valores ecológicos del entorno costero.

Subprograma de Monitoreo de Mamíferos Marinos

Este subprograma se orienta al seguimiento sistemático de la presencia, distribución, comportamiento y estado de salud de la comunidad de mamíferos marinos en el área de influencia del proyecto, considerando que las alteraciones en la calidad del agua marina, temperatura, salinidad o disponibilidad de alimento —producto del funcionamiento del sistema de ósmosis inversa— pueden generar impactos indirectos en estos organismos. Se prioriza un enfoque precautorio, especialmente en relación con especies sensibles o protegidas que utilizan la zona para alimentación, tránsito o descanso. El subprograma también considera la prevención de interacciones negativas durante la fase de construcción, operación y mantenimiento y abandono.

Objetivo general

Evaluar y monitorear de forma continua los posibles efectos del proyecto sobre la comunidad de mamíferos marinos, a fin de prevenir, mitigar y, en su caso, corregir impactos negativos directos e indirectos derivados del sistema de captación y descarga de agua marina y otras actividades asociadas al proyecto.

Objetivos específicos

- Identificar especies indicadoras de valor ecológico, comercial o de conservación, cuya respuesta permita evaluar cambios ambientales significativos.
- Definir una red de observación y protocolos de muestreo estandarizados para asegurar la continuidad y comparabilidad del monitoreo en las siguientes etapas.
- Monitorear la ocurrencia e intensidad de interacciones entre los mamíferos marinos y las actividades del proyecto, especialmente en zonas cercanas a las tomas y descargas del sistema de ósmosis inversa.
- Evaluar posibles cambios en el comportamiento (como desplazamiento, evasión o alteración de patrones de alimentación) asociados a variaciones en la calidad del agua marina o en la disponibilidad de presas.
- Proporcionar información científica para ajustar estrategias de operación, incluyendo reducción de impactos acumulativos y establecimiento de periodos de restricción o modificación de actividades.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.24.

Tabla 6.24. Medidas que serán aplicadas como parte del Subprograma de Monitoreo de Mamíferos Marinos.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Monitorear presencia, comportamiento y estado de salud de mamíferos marinos en el área de influencia de la zona de descarga del sistema de ósmosis inversa	Mitigación	Operación y mantenimiento

Medidas a implementarse

Como parte de las acciones de mitigación asociadas a la operación del sistema de ósmosis inversa, se implementará un programa específico de monitoreo de mamíferos marinos en el área de influencia de la zona de descarga, con el propósito de detectar posibles alteraciones en su comportamiento, distribución o estado de salud que pudieran estar relacionadas con las actividades del proyecto.

Este monitoreo permitirá identificar de forma temprana cambios en patrones de desplazamiento o alimentación, así como signos de estrés o afectación física, tanto directa como indirecta. El seguimiento será realizado mediante observaciones sistemáticas en campo, registro de avistamientos y aplicación de protocolos de evaluación conductual, complementados con herramientas como registros fotográficos o videograbaciones.

El programa se ejecutará con una frecuencia trimestral durante un año. Se considerará como indicador de éxito la ausencia de comportamientos anómalos atribuibles a la descarga, así como la inexistencia de reportes de afectación física o alteración del estado de salud de las especies observadas.

La información obtenida se integrará en reportes técnicos periódicos, que respaldarán la evaluación continua del desempeño ambiental del proyecto. En caso de detectarse afectaciones relevantes, se activará un mecanismo de revisión y ajuste de las condiciones operativas, lo que permitirá aplicar medidas preventivas o correctivas conforme a un enfoque de gestión adaptativa y conforme a la legislación ambiental vigente.

Subprograma de Monitoreo de Manglar

Este subprograma tiene como finalidad dar seguimiento a la estructura, dinámica y estado de conservación de las comunidades de manglar presentes en el área de influencia del proyecto, reconociendo su alta sensibilidad ecológica y su relevancia como ecosistemas estratégicos en zonas costeras.

El monitoreo se enfocará en la composición florística, estructura vertical, densidad, biomasa, regeneración natural y estado sanitario. Asimismo, permitirá detectar impactos indirectos (como alteraciones hidrológicas) que puedan comprometer la funcionalidad del ecosistema.

Objetivo general

Evaluar de forma sistemática la condición ecológica de los manglares presentes en el área de influencia del proyecto, para detectar alteraciones estructurales, funcionales o sanitarias, y permitir la implementación oportuna de medidas de conservación, mitigación o restauración, asegurando la integridad y continuidad de este ecosistema prioritario.

Objetivos específicos

- Establecer una línea base ecológica del manglar, incluyendo su composición, estructura, cobertura, estado de regeneración natural y calidad del hábitat.
- Diseñar la red de monitoreo permanente, con sitios representativos de las distintas unidades de manglar, protocolos estandarizados y frecuencia de muestreo adaptada al contexto local.
- Monitorear cambios estructurales en la comunidad de manglar, tales como pérdida de cobertura, mortalidad de individuos, cambios en el dosel o en la regeneración natural.
- Identificar signos de estrés ambiental o impactos no previstos, tales como invasión de especies exóticas, pérdida de fauna asociada o incremento de enfermedades o plagas.
- Proporcionar información técnica para la toma de decisiones, permitiendo la implementación de medidas correctivas en caso de desviaciones significativas respecto a los valores de referencia establecidos.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.25.

Tabla 6.25. Medidas que serán aplicadas como parte del Subprograma de Monitoreo de Manglar.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Estudio de línea base del ecosistema de manglar	Prevención	Preparación
Monitoreo de salud del manglar: cobertura, regeneración, productividad	Mitigación	Operación y mantenimiento

Medidas realizadas

Durante la fase de preparación del proyecto se llevaron a cabo estudios especializados en hidrología e hidrogeológica orientada a identificar la interacción entre el acuífero costero y el sistema de manglar colindante, cuyo propósito fue caracterizar el comportamiento de los flujos superficiales y subterráneos. De igual manera se realizaron análisis de calidad de agua marina con el fin de establecer un diagnóstico inicial de las condiciones fisicoquímicas de este sistema.

Medidas a implementarse

Como parte de las acciones para la prevención y mitigación de impactos sobre ecosistemas costeros sensibles, el proyecto contempla la implementación de medidas específicas dirigidas a la evaluación y seguimiento del ecosistema de manglar dentro del área de influencia. Estas acciones tienen como objetivo garantizar la conservación, funcionalidad ecológica y resiliencia de este sistema altamente valioso por los servicios ambientales que presta, como la protección costera, la regulación hidrológica y el soporte a la biodiversidad.

Durante la fase de preparación del proyecto se llevará a cabo un estudio de línea base del ecosistema de manglar, con el propósito de caracterizar su estado de conservación previo al inicio de actividades. Este estudio incluirá la evaluación de la estructura de la comunidad vegetal, la composición florística, y el grado de cobertura. La información generada servirá como punto de partida para identificar posibles variaciones a lo largo del tiempo y establecer referencias ecológicas para el monitoreo posterior.

En las fases de construcción y operación, se implementará un programa de monitoreo de la salud del manglar, enfocado en tres componentes clave: cobertura, regeneración natural y productividad biológica. Este seguimiento permitirá detectar tendencias relacionadas con la estabilidad, recuperación o deterioro de la comunidad de manglar.

El monitoreo se realizará con una frecuencia semestral durante las etapas de preparación y construcción, y de forma anual durante la etapa de operación y mantenimiento, con base en métodos estandarizados de campo y análisis comparativo con los datos de línea base. Se considerará como indicador de éxito una tendencia estable o positiva en los parámetros observados, sin disminución significativa de cobertura ni pérdida de especies clave o nativas.

La continuidad de este monitoreo permitirá documentar el desempeño ambiental del proyecto respecto al ecosistema de manglar, respaldar la toma de decisiones adaptativas, y cumplir con los compromisos de conservación establecidos ante las autoridades ambientales.

6.3.8. Programa de Difusión Ambiental

Uno de los factores que históricamente ha contribuido al deterioro de los ecosistemas y a la pérdida de sus funciones es la falta de información y valoración del capital natural, así como de los bienes y servicios ambientales que estos ecosistemas proveen a la sociedad. Esta carencia de conocimiento ha dado lugar a prácticas inadecuadas que afectan negativamente la estructura, funcionalidad y resiliencia de los ecosistemas, comprometiendo su capacidad para sostener procesos ecológicos y brindar beneficios económicos, sociales y culturales.

En el caso del proyecto y SAR, aún se registran recursos naturales y características ecológicas de alto valor ambiental, paisajístico y social, cuya conservación representa no solo una oportunidad, sino también una responsabilidad ética y operativa para el promovente. En este sentido, y como parte del compromiso con la sustentabilidad local y regional, se plantea la implementación del Programa de Difusión Ambiental (PDA).

Este programa tiene como propósito fomentar la conciencia ambiental y la corresponsabilidad entre los distintos actores vinculados al proyecto (personal directivo, empleados, prestadores de servicios, población local), promoviendo la apropiación de buenas prácticas desde un enfoque participativo y educativo. El PDA busca posicionar al proyecto como un modelo de desarrollo turístico-residencial sustentable, no solo en su diseño e implementación, sino también en su operación cotidiana y vinculación comunitaria.

Subprograma de Capacitación Ambiental

Este subprograma ha sido diseñado con el objetivo de capacitar técnica y ambientalmente al personal vinculado al desarrollo del proyecto, incluyendo empleados, trabajadores operativos y personal directivo. Este subprograma busca fomentar una cultura ambiental responsable que garantice la participación activa y consciente de los actores involucrados en las acciones de protección, conservación y uso sostenible de los ecosistemas y recursos naturales presentes en el área del proyecto.

Además de reforzar el cumplimiento de los compromisos establecidos en el Programa de Supervisión Ambiental (PSA), este subprograma contribuye a aumentar la efectividad de las medidas de manejo, prevención y mitigación ambiental, generando corresponsabilidad entre quienes participan en la ejecución del proyecto.

Objetivo general

Fortalecer las capacidades del personal vinculado al proyecto en materia ambiental, promoviendo el conocimiento, la apropiación de buenas prácticas y el cumplimiento normativo, con el fin de asegurar una gestión responsable y sustentable de los recursos naturales durante todas las etapas del desarrollo.

Objetivos específicos

- Difundir información relevante y accesible sobre el valor ecológico, social, económico y cultural de los ecosistemas y recursos naturales presentes en el predio y el SAR.
- Informar a empleados sobre prácticas de manejo responsable de recursos naturales, prevención de la contaminación y uso sustentable del entorno.
- Fomentar la sensibilización y concientización del personal de construcción y operación sobre la importancia de preservar los ecosistemas en los que se inserta el proyecto.
- Capacitar al personal operativo y técnico sobre el cumplimiento de la normativa ambiental vigente y la correcta aplicación de los instrumentos de política ambiental aplicables al desarrollo turístico.
- Garantizar la comprensión de las obligaciones ambientales por parte de todo el personal vinculado al proyecto, como condición indispensable para su participación.
- Promover una actitud responsable y respetuosa hacia los recursos naturales del proyecto y SAR, mediante actividades formativas, materiales educativos y procesos de diálogo continuo.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.26.

Tabla 6.26. Medidas que serán aplicadas como parte del Subprograma de Capacitación Ambiental.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Capacitar al personal sobre fuentes de emisión y técnicas de control de contaminantes atmosféricos	Prevención	Todas las etapas
Capacitar al personal en el control de dispersión de partículas y sus efectos en la salud y el ambiente	Prevención	Todas las etapas
Capacitar al personal en prácticas para minimizar la generación de ruido durante sus actividades	Prevención	Todas las etapas
Capacitar al personal sobre prácticas que minimicen el riesgo de infiltración de contaminantes al subsuelo	Prevención	Todas las etapas
Capacitación al personal en prácticas que minimicen riesgos de contaminación al suelo	Prevención	Todas las etapas
Capacitar al personal sobre identificación de especies nativas/endémicas/protegidas y control de exóticas invasoras (flora y fauna)	Prevención	Todas las etapas
Capacitar al personal sobre la conducta adecuada ante encuentros con fauna y su importancia ecológica	Prevención	Todas las etapas
Desarrollar e implementar un programa de sensibilización ambiental para huéspedes y residentes sobre fauna local y prácticas responsables	Prevención	Operación y mantenimiento
Capacitar al personal de construcción sobre los impactos de la fragmentación del hábitat, la importancia de mantener la	Prevención	Construcción

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
conectividad ecológica y los protocolos para evitar daños a la vegetación y la fauna durante las actividades de obra		
Capacitación del personal sobre conservación marina y cumplimiento de normas ambientales	Prevención	Todas las etapas
Capacitar al personal sobre prácticas de ahorro de agua y energía en actividades diarias	Prevención	Todas las etapas
Capacitar al personal de obra sobre la identificación de vestigios arqueológicos y los protocolos establecidos por el INAH ante hallazgos fortuitos	Prevención	Preparación y construcción
Capacitar al personal de obra sobre la identificación de vestigios arqueológicos y los protocolos establecidos por el INAH ante hallazgos fortuitos	Prevención	Preparación y construcción
Implementar campañas sobre uso responsable del transporte público y opciones de viaje compartido	Mitigación	Operación y mantenimiento
Capacitación a trabajadores sobre consumo responsable de bienes y servicios locales		Todas las etapas

Medidas a implementar

Durante las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento y abandono, se llevarán a cabo capacitaciones específicas sobre el control de emisiones atmosféricas, incluyendo fuentes de emisión, técnicas de mitigación, control de dispersión de partículas y los efectos que estas tienen sobre la salud y el medio ambiente. Asimismo, se abordarán prácticas para la minimización del ruido, el riesgo de infiltración de contaminantes al subsuelo, y la prevención de la contaminación del suelo mediante una gestión responsable de materiales y residuos.

En el ámbito de la conservación de la biodiversidad, se capacitará al personal en la identificación de especies nativas, endémicas y protegidas, así como en el reconocimiento y control de especies exóticas invasoras, con énfasis en la conducta adecuada frente a fauna silvestre. También se ofrecerá formación específica sobre la conservación marina, la importancia de la conectividad ecológica, los impactos asociados a la fragmentación del hábitat y las medidas necesarias para prevenir daños a la vegetación y fauna durante actividades constructivas.

Para los trabajadores de obra, se impartirá una capacitación especializada en el reconocimiento de vestigios arqueológicos y los protocolos establecidos por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) en caso de hallazgos fortuitos, garantizando el respeto al patrimonio cultural durante las intervenciones en el terreno.

Durante la etapa de operación, se implementará un programa de sensibilización ambiental dirigido a residentes y huéspedes, enfocado en la fauna local, la importancia ecológica del entorno natural, y el fomento de prácticas responsables mediante campañas educativas anuales a través de carteles, talleres y medios digitales.

Complementariamente, se desarrollarán capacitaciones orientadas al uso eficiente del agua y la energía, el cumplimiento de la normativa ambiental y el consumo responsable de productos y servicios locales, promoviendo la corresponsabilidad ambiental y el fortalecimiento del capital natural y social de la región.

Finalmente, se impulsarán campañas sobre el uso responsable del transporte público y opciones de movilidad compartida, con el objetivo de reducir la huella de carbono asociada a la operación del proyecto.

Todas las acciones de capacitación estarán documentadas mediante registros de asistencia, evidencia fotográfica y contenidos impartidos, y su frecuencia se ajustará a la etapa del proyecto, siendo en su mayoría únicas por fase (preparación, construcción, abandono), y anuales durante la operación y mantenimiento. Con ello, se busca asegurar una formación ambiental continua y eficaz como base para la gestión sostenible del proyecto en todas sus dimensiones.

Subprograma de Información y Educación Ambiental

Este subprograma tiene como finalidad comunicar de forma clara, accesible y culturalmente pertinente el valor ecológico, social, económico y cultural de los ecosistemas presentes en el área del proyecto, así como promover el conocimiento sobre las acciones de manejo sustentable implementadas. Este subprograma está dirigido a los usuarios del proyecto, incluyendo habitantes y visitantes, así como a la población local, con el fin de generar conciencia, respeto y corresponsabilidad hacia el entorno natural.

A través de herramientas de divulgación, materiales educativos, actividades participativas y estrategias de comunicación ambiental, se busca sensibilizar a los distintos públicos sobre la importancia de conservar los ecosistemas, hacer un uso responsable de los recursos naturales, y comprender el papel que juega el proyecto en el contexto de la sustentabilidad regional.

El SIEA opera en estrecha coordinación con el Subprograma de Capacitación Ambiental, el Programa de Supervisión Ambiental y los componentes de conservación del proyecto, fortaleciendo el enfoque transversal de educación ambiental y participación social.

Objetivo general

Fomentar la conciencia ambiental y la participación informada de usuarios del desarrollo y población local, mediante procesos de información y educación ambiental que promuevan el respeto, la valoración y el uso sostenible de los ecosistemas y recursos naturales en el proyecto y SAR.

Objetivos específicos

- Difundir información ambiental relevante sobre la biodiversidad, servicios ecosistémicos y características ecológicas del sitio, resaltando su valor patrimonial, paisajístico y funcional.
- Informar a la población local, habitantes y turistas sobre las medidas de manejo y conservación ambiental adoptadas por el proyecto, así como sobre su contribución a la sustentabilidad y al bienestar regional.

- Promover el conocimiento y la apropiación de buenas prácticas ambientales, incluyendo el ahorro de agua y energía, el manejo responsable de residuos, la no extracción de flora o fauna silvestre y la movilidad sostenible.
- Incentivar la participación de los visitantes y la comunidad en actividades de educación ambiental como recorridos guiados, talleres, charlas, campañas y eventos comunitarios.
- Fortalecer el vínculo entre la sociedad y el entorno natural, resaltando la relación entre el bienestar humano y la salud de los ecosistemas, así como el papel de cada actor en su protección.
- Contribuir al cumplimiento de los objetivos de conservación y uso sostenible del proyecto, a través de una ciudadanía mejor informada, más consciente y activa en la protección del ambiente.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.27.

Tabla 6.27. Medidas que serán aplicadas como parte del Subprograma de Información y Educación Ambiental.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Informar oportunamente a comunidades vecinas sobre actividades y horarios con potencial generación de ruido	Mitigación	Construcción y abandono
Comunicación periódica a la comunidad sobre el desempeño ambiental de la planta y resultados del monitoreo marino	Mitigación	Operación y mantenimiento
Desarrollar programas de capacitación ambiental dirigidos a la nueva población residente y flotante sobre conservación y uso racional de recursos naturales	Mitigación	Operación y mantenimiento
Desarrollar programas de capacitación para residentes y visitantes sobre alternativas de movilidad sostenible (bicicleta, caminata, transporte público)	Prevención	Operación y mantenimiento
Implementar campañas de concientización ambiental sobre uso eficiente de recursos (agua, energía) y gestión de residuos	Mitigación	Operación y mantenimiento
Campañas informativas para visitantes y usuarios sobre el consumo consciente		Operación y mantenimiento

Medidas a implementarse

Durante las etapas de construcción y abandono, se garantizará una comunicación oportuna y clara con las comunidades cercanas, informando previamente sobre las actividades que pudieran generar niveles elevados de ruido o molestias. Esta comunicación se realizará mediante la emisión de avisos visibles, carteles y otros materiales de difusión local, contribuyendo así a la reducción de impactos sociales y a la prevención de conflictos por desinformación.

En la etapa de operación y mantenimiento, se mantendrá un canal de comunicación permanente con la comunidad, mediante la difusión periódica de informes ambientales que incluirán los resultados del monitoreo marino y el desempeño general del sistema de tratamiento de agua y demás componentes del proyecto. Se contempla la emisión de al menos dos informes anuales, complementados con encuestas de percepción comunitaria,

buscando mantener un nivel superior al 70% en cuanto a la evaluación positiva de la transparencia y el acceso a la información ambiental.

Adicionalmente, se desarrollarán programas de capacitación ambiental orientados a sensibilizar a la nueva población residente y flotante respecto a la conservación y uso racional de los recursos naturales. Estas capacitaciones se realizarán al menos una vez por año, y estarán documentadas mediante registros de asistencia, contenidos impartidos y evidencia fotográfica.

Con el fin de promover alternativas de movilidad con menor huella ambiental, se implementarán talleres semestrales dirigidos a residentes y visitantes sobre el uso de bicicleta, caminatas y transporte público, acompañados de materiales de apoyo e iniciativas prácticas dentro del desarrollo.

Por otra parte, se pondrán en marcha al menos dos campañas anuales de concientización ambiental, enfocadas en el uso eficiente de agua y energía, así como en la gestión adecuada de residuos sólidos, con el objetivo de reforzar comportamientos responsables y sostenibles entre todos los usuarios del proyecto.

Finalmente, se establecerán campañas informativas dirigidas a visitantes y usuarios del desarrollo para fomentar el consumo consciente y responsable, destacando la importancia de apoyar productos y servicios locales con criterios de sostenibilidad ambiental y social. Estas campañas serán semestrales y se evaluará su impacto a través del alcance logrado y el porcentaje estimado de población sensibilizada.

En conjunto, estas medidas de comunicación, educación y participación ambiental contribuirán a consolidar una cultura de corresponsabilidad y sostenibilidad en torno al proyecto, generando beneficios tanto para el entorno ecológico como para la comunidad receptora.

Subprograma de Imagen y Señalización Ambiental

Este subprograma tiene como finalidad establecer una estrategia de comunicación gráfica clara, accesible y permanente que contribuya a orientar e informar al personal del proyecto, a los usuarios del desarrollo (habitantes y turistas) y a los visitantes en general, sobre prácticas adecuadas para el uso de las instalaciones, la protección del entorno natural y el cumplimiento de los principios de sustentabilidad del proyecto.

Mediante el diseño e instalación de señalización ambiental ilustrativa y funcional, se busca reforzar los mensajes clave de conservación, seguridad y manejo responsable de recursos, así como fortalecer la identidad del proyecto como un desarrollo comprometido con el cuidado del medio ambiente.

Este subprograma operará de manera transversal durante todas las etapas del proyecto, desde la preparación y construcción hasta la operación, mantenimiento y eventual cierre (abandono), y se integrará de forma visual en los espacios públicos, senderos, accesos, áreas comunes, zonas de conservación, puntos de generación de residuos, y en general, en cualquier área donde sea necesario reforzar la conciencia ambiental.

Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de imagen y señalización ambiental que facilite la orientación, sensibilización y participación de trabajadores, usuarios y visitantes en las acciones de protección de los recursos naturales y en el cumplimiento de los principios de manejo ambiental y sostenibilidad del proyecto.

Objetivos específicos

- Informar de forma visual y accesible al personal operativo, residentes y visitantes sobre el uso adecuado de las instalaciones, fomentando el ahorro de recursos como agua y energía, así como el respeto a la infraestructura del proyecto y al entorno natural.
- Promover el manejo responsable de residuos sólidos y líquidos, mediante señalización clara en puntos clave que oriente sobre la separación, disposición adecuada y prevención de la contaminación.
- Fomentar el respeto a la flora, fauna y áreas de conservación, mediante mensajes gráficos que refuercen la importancia de no alterar los ecosistemas, evitar la perturbación de especies silvestres y permanecer dentro de las áreas permitidas.
- Fortalecer la identidad ambiental del proyecto, a través de una imagen que refleje su compromiso con la conservación y el desarrollo sustentable.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.28.

Tabla 6.28. Medidas que serán aplicadas como parte del Subprograma de Imagen y Señalización Ambiental.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Colocar señalizaciones que indiquen los procedimientos y áreas adecuadas para la gestión de residuos	Prevención	Todas las etapas
Delimitar claramente las áreas de trabajo y restringir el acceso de maquinaria pesada a zonas no autorizadas para evitar compactación innecesaria	Prevención	Preparación, construcción y abandono
Colocar señalización informativa sobre fauna local y buenas prácticas para evitar la alteración de sus pautas de comportamiento	Prevención	Todas las etapas
Señalización de zonas de trabajo durante instalación del sistema de ósmosis inversa	Prevención	Construcción
Establecer rutas definidas para el tráfico vehicular y peatonal	Prevención	Todas las etapas
Colocar señalización para la reducción de velocidad en caminos internos con el fin de disminuir emisiones de polvo	Mitigación	Todas las etapas
Instalar señalética educativa sobre especies protegidas (flora y fauna)	Mitigación	Operación y mantenimiento
Instalar señalización de reducción de velocidad para prevenir atropellamientos y disturbios en caminos internos	Mitigación	Todas las etapas
Señalización de límites del manglar y restricción de acceso no autorizado	Mitigación	Construcción

Medidas a implementar

Durante todas las etapas del proyecto, se colocará señalización clara y visible que indique los procedimientos y sitios adecuados para la gestión de residuos (Figura 6.6), con el fin de promover una disposición diferenciada y evitar la dispersión de materiales en el entorno. Esta señalética será instalada una vez por etapa y verificada mediante inspecciones visuales periódicas.

Asimismo, se llevará a cabo la delimitación física y visual de las áreas de trabajo, restringiendo expresamente el acceso de maquinaria pesada a zonas no autorizadas, con el fin de evitar la compactación innecesaria del suelo y daños a la vegetación. Esta medida preventiva será monitoreada diariamente mediante reportes visuales y evidencia fotográfica, asegurando el respeto de los límites establecidos.

Como parte de la estrategia de educación ambiental y prevención de alteraciones a la fauna local, se instalará señalización informativa en accesos, senderos y áreas comunes, con contenidos actualizados sobre la fauna nativa, sus hábitos y las buenas prácticas para evitar perturbaciones a sus pautas naturales de comportamiento (Figura 6.12). Esta señalización será revisada de forma trimestral, o bien, tras eventos de desgaste o vandalismo.

Figura 6.12. Ejemplo de señalización informativa sobre fauna.



Fuente: Información recuperada de: https://www.elimpulso.com/2022/02/19/datoimp-el-zorro-gris-es-el-unico-canido-distribuido-desde-el-norte-al-sur-de-america-19feb/#google_vignette y https://www.facebook.com/tlalpanhistoria/posts/fauna-que-com%C3%BAnmente-podemos-encontrar-en-tlalpan-buenas-tardes-vecinos-comparti/1661107073973739/.

Durante la instalación del sistema de ósmosis inversa, se colocará señalización específica en las zonas de trabajo, con el fin de prevenir incidentes, ordenar las actividades y mantener la seguridad en áreas sensibles. Esta acción será verificada semanalmente mediante inspecciones visuales.

El proyecto también contempla el establecimiento de rutas definidas para el tránsito vehicular y peatonal, que estarán debidamente señalizadas para evitar el tránsito no autorizado, garantizar la seguridad y minimizar la alteración del entorno. Además, se instalará señalización de reducción de velocidad en caminos internos con el objetivo de reducir la emisión de polvo y prevenir riesgos de atropellamiento de fauna silvestre (Figura 6.13). Estas acciones serán verificadas de forma mensual.

Figura 6.13. Ejemplo de señalización de reducción de velocidad.



En el contexto de la operación y mantenimiento, se colocará señalética educativa sobre especies protegidas de flora y fauna en puntos estratégicos del proyecto, con la finalidad de sensibilizar a los usuarios y fomentar la conservación de la biodiversidad. Esta señalización será objeto de una revisión anual o cuando se detecte deterioro.

Por último, se instalará señalización específica para delimitar los límites del manglar y restringir el acceso no autorizado, garantizando la protección de este ecosistema prioritario. Esta medida será implementada durante la etapa de construcción y su cumplimiento será supervisado trimestralmente.

6.3.9. Programa de Seguridad y Atención a Contingencias

El desarrollo del proyecto, desde su etapa de construcción hasta la operación y mantenimiento, implica la posibilidad de enfrentar eventualidades de carácter antrópico o natural que pueden representar riesgos para el personal, usuarios, visitantes y los ecosistemas presentes en el área de influencia. Estas contingencias pueden derivarse de accidentes laborales, fallas en el manejo de materiales, incendios, o de fenómenos naturales frecuentes en la región como huracanes, tormentas tropicales e inundaciones.

En este contexto, el Programa de Seguridad y Atención a Contingencias (PSAC) tiene como finalidad prevenir, preparar y responder de forma eficiente ante situaciones de emergencia, salvaguardando la integridad de las personas, la infraestructura del proyecto y los recursos naturales involucrados.

Subprograma de Salud y Seguridad

Como parte del compromiso social y ambiental del proyecto, la protección a la salud y seguridad del personal es una prioridad transversal durante todas las etapas de implementación. Este subprograma establece medidas preventivas, organizativas y operativas para evitar riesgos a la integridad física de los trabajadores, disminuir la exposición a enfermedades y accidentes laborales, y garantizar condiciones adecuadas para una respuesta eficaz ante emergencias y contingencias.

El Subprograma de Salud y Seguridad se enfoca tanto en la prevención como en la atención de incidentes, promoviendo una cultura organizacional basada en el autocuidado, el uso responsable de herramientas y equipos, la conservación de la infraestructura de obra, y el cumplimiento estricto de normas de seguridad ocupacional.

Objetivo general

Establecer un sistema integral de gestión de salud y seguridad laboral para proteger la integridad física de los trabajadores y minimizar riesgos sanitarios, laborales y ambientales durante las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento y abandono del proyecto.

Objetivos particulares

- Prevenir riesgos laborales y sanitarios mediante la identificación oportuna de condiciones inseguras y el establecimiento de medidas de control que protejan la salud e integridad del personal en todas las etapas del proyecto.
- Desarrollar e implementar protocolos de actuación ante emergencias (accidentes, incendios, enfermedades, fenómenos naturales) que garanticen una respuesta rápida, coordinada y eficaz, con el fin de minimizar daños humanos y materiales.
- Promover una cultura organizacional de prevención basada en la capacitación continua, el uso correcto del equipo de protección personal, la responsabilidad compartida y el autocuidado.
- Garantizar condiciones de trabajo seguras e higiénicas en las áreas de obra, oficinas y servicios, asegurando el acceso a instalaciones básicas, equipo médico y espacios adecuados para el descanso y alimentación del personal.
- Monitorear y evaluar continuamente las condiciones de seguridad del sitio y la efectividad de las medidas implementadas, promoviendo la mejora continua del sistema de gestión.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.29.

Tabla 6.29. Medidas que serán aplicadas como parte del Subprograma de Salud y Seguridad.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Desarrollar e implementar protocolos de seguridad, convivencia e inclusión social para trabajadores inmigrantes y su interacción con la comunidad local	Prevención	Todas las etapas
Contar con un área específica para primeros auxilios en las áreas públicas	Prevención	Todas las etapas
Contar con un protocolo de prevención y atención de accidentes y riesgos de trabajo	Prevención	Todas las etapas
Contar con un protocolo de prevención y atención de riegos sanitarios	Prevención	Todas las etapas

Medidas a implementar

Como parte de una estrategia integral de prevención, el proyecto contempla la elaboración e implementación de protocolos específicos que aborden aspectos clave como la seguridad laboral, la convivencia social, la atención de emergencias y la prevención de riesgos sanitarios. Estas medidas buscan garantizar condiciones adecuadas de trabajo y convivencia, con especial atención a los trabajadores y su interacción con la comunidad local.

Una de las acciones prioritarias es el desarrollo de un protocolo de seguridad, convivencia e inclusión social enfocado en promover relaciones laborales armónicas y respetuosas entre trabajadores provenientes de distintas regiones y la población local. Este protocolo será documentado antes del inicio de actividades y actualizado anualmente. Además, se impartirá capacitación específica previa a la etapa de construcción, asegurando que todo el personal conozca sus derechos, deberes y pautas de comportamiento esperadas.

En materia de salud y seguridad física, se contará con áreas específicas habilitadas para primeros auxilios en zonas públicas del proyecto, las cuales estarán operativas durante cada etapa. Estas áreas serán equipadas de acuerdo con los estándares establecidos y supervisadas periódicamente para garantizar su funcionalidad.

Complementariamente, se implementará un protocolo de prevención y atención de accidentes y riesgos de trabajo, el cual será elaborado de forma anticipada al inicio de las actividades y revisado anualmente. Este protocolo será acompañado de programas de capacitación dirigidos al personal, que se impartirán una vez durante las etapas de preparación, construcción y abandono, y de manera semestral durante la operación y mantenimiento. Las capacitaciones incluirán contenidos específicos sobre prácticas seguras, uso de equipo de protección personal y respuesta ante emergencias.

En el mismo sentido, el proyecto contará con un protocolo de prevención y atención de riesgos sanitarios, el cual establecerá los lineamientos para prevenir la propagación de enfermedades transmisibles, garantizar condiciones higiénicas adecuadas en instalaciones temporales o permanentes y asegurar una respuesta rápida ante eventos de salud pública.

Este protocolo también será documentado previo al inicio de las actividades, revisado anualmente y acompañado de jornadas de capacitación al personal, cuya frecuencia seguirá el mismo esquema que las acciones de seguridad laboral.

Subprograma de Prevención y Manejo de Contingencias

La efectividad de cualquier estrategia de seguridad en proyectos de infraestructura depende en gran medida de la prevención oportuna de riesgos y de la capacidad de respuesta organizada ante situaciones de emergencia. En este sentido, el Subprograma de Prevención y Manejo de Contingencias se concibe como un componente clave dentro del Programa de Seguridad y Atención a Contingencias, orientado a reducir al mínimo los daños a personas, infraestructura y medio ambiente ante eventos antrópicos o naturales.

Este subprograma fortalece el enfoque preventivo al promover el reconocimiento de peligros, la elaboración de escenarios de riesgo, y la implementación de protocolos de actuación estandarizados ante situaciones como incendios, inundaciones, huracanes, derrames de sustancias peligrosas, entre otros. Asimismo, fomenta la coordinación con autoridades locales y la participación activa del personal del proyecto en tareas de preparación, simulacros y aplicación de medidas de contención.

Objetivo general

Establecer un sistema de prevención y respuesta ante contingencias de origen antrópico o natural, que permita actuar de forma rápida, organizada y efectiva para salvaguardar la vida humana, minimizar impactos al ambiente y reducir pérdidas materiales.

Objetivos particulares

- Prevenir y reducir riesgos ambientales, operativos y humanos asociados a eventos de origen antrópico o natural, mediante la identificación sistemática de peligros, la evaluación de vulnerabilidades y la elaboración de escenarios de riesgo en el área del proyecto.
- Implementar protocolos de preparación, respuesta y recuperación ante contingencias como incendios, huracanes, inundaciones, derrames de sustancias peligrosas u otros eventos, con base en criterios técnicos, normativos y de protección civil.
- Fortalecer las capacidades de respuesta del personal operativo y directivo, mediante acciones de capacitación, señalización, dotación de equipo, simulacros y difusión de procedimientos de emergencia en el sitio del proyecto.
- Establecer mecanismos de coordinación con autoridades competentes y actores locales, a través de un Comité Interno de Prevención y Manejo de Contingencias, que promueva la actuación conjunta, la actualización permanente de planes y la mejora continua.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.30.

Tabla 6.30. Medidas que serán aplicadas como parte del Subprograma de Salud y Seguridad.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Implementar un comité de prevención y manejo de contingencias de origen natural o antrópico	Prevención	Todas las etapas
Establecer un sistema de alerta temprana de fenómenos meteorológicos	Prevención	Todas las etapas
Elaborar e implementar un protocolo de prevención y respuesta ante incendios, incluyendo capacitación del personal	Mitigación	Todas las etapas
Elaborar e implementar un protocolo de prevención y respuesta ante eventos naturales (huracanes, inundaciones, etc.), incluyendo capacitación del personal	Mitigación	Todas las etapas
Elaborar e implementar un protocolo de prevención y respuesta ante derrames accidentales de sustancias peligrosas, incluyendo capacitación del personal y disponibilidad de equipos de contención y limpieza	Mitigación	Todas las etapas
Contar con programa de remediación ambiental en caso de contaminación por derrames o infiltración accidental	Compensación	Todas las etapas
Contar con un programa de remediación en caso de alteración ambiental por el sistema de ósmosis inversa	Compensación	Operación y mantenimiento

Medidas a implementar

Como parte del enfoque de gestión integral de riesgos del proyecto, se establecerá un comité de prevención y manejo de contingencias, el cual será responsable de coordinar las acciones preventivas y de respuesta ante situaciones de origen natural o antrópico que pudieran comprometer la integridad del personal, de los ecosistemas o de la infraestructura. Este comité quedará formalmente constituido al inicio de cada etapa, y su funcionamiento quedará documentado en la bitácora de gestión ambiental del proyecto.

Adicionalmente, se pondrá en marcha un sistema de alerta temprana de fenómenos meteorológicos, cuya finalidad será anticipar eventos como lluvias intensas, tormentas tropicales, huracanes o variaciones climáticas que puedan representar riesgos. Este sistema será implementado al inicio del proyecto y se mantendrá operativo durante todas las fases, permitiendo una respuesta oportuna y efectiva ante cualquier eventualidad.

En materia de prevención y control de emergencias específicas, se elaborarán e implementarán tres protocolos fundamentales:

- Protocolo de prevención y respuesta ante incendios, que incluirá capacitación del personal, disponibilidad de equipos de contención y realización de simulacros. Este protocolo será documentado previo al inicio de actividades y actualizado anualmente. La capacitación del personal se impartirá una vez durante las fases de preparación, construcción y abandono, y de forma semestral durante la operación y mantenimiento. Los equipos serán revisados cada seis meses para garantizar su operatividad.

- Protocolo de prevención y atención ante eventos naturales extremos (huracanes, inundaciones, tormentas), el cual definirá procedimientos claros para la protección del personal, la infraestructura y los ecosistemas. Este protocolo también contemplará capacitaciones periódicas, simulacros y revisiones anuales para mantener su vigencia y efectividad.

- Protocolo de prevención y respuesta ante derrames accidentales de sustancias peligrosas, que estará acompañado de un programa de capacitación continua y la instalación de equipos de contención y limpieza en puntos estratégicos del sitio. Al igual que los anteriores, este protocolo será implementado antes del inicio de las actividades y será objeto de revisión anual, con simulacros como parte de su plan operativo.

En un enfoque de responsabilidad ambiental, el proyecto contará con dos programas de compensación claramente definidos:

- Un programa de remediación ambiental general, que será activado en caso de contaminación accidental por derrames o infiltraciones en el suelo o acuífero. Este programa estará disponible desde la etapa inicial y será actualizado anualmente conforme a las condiciones y riesgos emergentes del proyecto.

- Un programa de remediación ambiental específico para casos de alteración causada por el sistema de ósmosis inversa, especialmente en la zona marina de descarga. Este instrumento permitirá ejecutar acciones correctivas basadas en evidencia técnica, en caso de que los monitoreos ambientales detecten afectaciones no previstas.

6.3.10. Programa de Responsabilidad Social y Cultural

Desde su etapa de diseño, el proyecto ha incorporado como eje rector la responsabilidad social, reconociendo que el desarrollo turístico-residencial sólo puede considerarse sostenible si es socialmente justo, ambientalmente responsable y culturalmente respetuoso. En ese sentido, el promovente ha adoptado el compromiso de establecer metas empresariales compatibles con el desarrollo sostenible de las comunidades locales, contribuyendo a la conservación de los recursos naturales y del patrimonio cultural regional, en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

El Programa de Responsabilidad Social y Cultural (PRSC) se integra como parte fundamental del modelo de planificación ambiental del proyecto, orientado a alcanzar un esquema integral de sostenibilidad, bajo estándares éticos, participativos e incluyentes. A través de este programa, se busca consolidar una relación armónica y de largo plazo con la comunidad local, fomentar el desarrollo económico inclusivo y proteger los valores culturales que dan identidad al territorio.

Subprograma de Desarrollo Social

Este subprograma tiene como finalidad promover el bienestar, la inclusión y la mejora de las condiciones de vida de la población ubicada en el área de influencia del proyecto, a través de acciones y estrategias que generen beneficios tangibles para la comunidad local.

Este subprograma reconoce que el desarrollo de infraestructura turística debe ir acompañado de una visión socialmente responsable, que contribuya a cerrar brechas, generar oportunidades y fortalecer el capital humano y social de la región. Para ello, se trabajará de manera colaborativa con actores locales y autoridades, integrando enfoques participativos y de corresponsabilidad.

El subprograma contempla líneas de acción como: la generación de empleo local, la capacitación para el trabajo, la inclusión de proveedores regionales, el fortalecimiento del tejido comunitario y la mejora en el acceso a bienes y servicios básicos, en congruencia con los principios del desarrollo sostenible y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivo general

Impulsar el desarrollo social de las comunidades ubicadas en el área de influencia del proyecto, mediante estrategias que promuevan la equidad, el empleo, la capacitación, la participación comunitaria y el fortalecimiento del bienestar colectivo.

Objetivos específicos

- Fomentar la generación de empleo formal y digno para la población local, prioritariamente durante todas las etapas que considera el proyecto.
- Promover programas de formación y capacitación técnica que mejoren las competencias laborales de las personas de la región y su inclusión en la cadena de valor del proyecto.
- Incentivar el desarrollo de proveedores y emprendedores locales, promoviendo el consumo de bienes y servicios originarios de la comunidad.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.31.

Tabla 6.31. Medidas que serán aplicadas como parte del Subprograma de Desarrollo Social.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Ejecutar proyectos sociales compensatorios: educación ambiental, producción sostenible, infraestructura verde comunitaria	Compensación	Operación y mantenimiento
Desarrollar campañas informativas sobre empleos disponibles por etapa de desarrollo del proyecto		Todas las etapas
Priorizar la contratación de la población residente para la fuerza de trabajo del proyecto		Todas las etapas
Difundir a la comunidad información sobre cierre del proyecto y alternativas laborales		Abandono

Priorizar la proveeduría de bienes y servicios con proveedores locales		Todas las etapas
Garantizar condiciones de trabajo adecuadas (salario y horarios) a trabajadores		
Desarrollar programas y planes de formación para la población local en materia de turismo		

Medidas a implementar

Con el objetivo de fortalecer el vínculo con las comunidades locales y promover un modelo de desarrollo inclusivo y equitativo, el proyecto contempla una serie de medidas sociales compensatorias y de fortalecimiento comunitario que serán implementadas de manera progresiva y articulada a lo largo de todas las etapas.

Durante la fase de operación y mantenimiento, se ejecutarán proyectos sociales compensatorios, los cuales incluirán iniciativas de educación ambiental, producción sostenible y desarrollo de infraestructura verde comunitaria, tales como huertos urbanos, jardines de polinizadores o espacios de captación de agua pluvial. Estas acciones estarán enfocadas en mejorar el bienestar ambiental y social de las zonas de influencia directa, asegurando que al menos un proyecto de este tipo sea ejecutado anualmente, con indicadores claros de participación ciudadana y beneficios ecosistémicos medibles.

Como parte del compromiso con la generación de empleo local, se desarrollarán de forma continua campañas informativas sobre las oportunidades laborales disponibles en cada etapa del desarrollo del proyecto. Estas campañas se difundirán mensualmente a través de anuncios impresos, carteles en puntos estratégicos y medios digitales o radiales locales, con el fin de asegurar un acceso equitativo a la información.

En congruencia con esta política de inclusión laboral, se priorizará la contratación de personas residentes en las comunidades del área de influencia. La proporción de vacantes ocupadas por población local será monitoreada mensualmente, con el objetivo de garantizar una distribución justa de los beneficios económicos generados por el proyecto.

Adicionalmente, se impulsará una política activa de proveeduría local, promoviendo la incorporación de proveedores de bienes y servicios originarios de la región. Esta medida busca no sólo dinamizar la economía local, sino también fortalecer capacidades empresariales y cadenas de suministro regionales, con un seguimiento semestral del porcentaje de contratación de proveedores locales.

El proyecto también asume el compromiso de garantizar condiciones laborales adecuadas, incluyendo salarios justos, jornadas legales y acceso a sistemas de protección social, lo que será evaluado semestralmente, con datos desagregados por sexo para promover la equidad laboral y detectar posibles brechas.

Con una visión de largo plazo, se desarrollarán programas y planes de formación para la población local, orientados principalmente a fortalecer sus capacidades en temas vinculados al turismo y hospitalidad. Estas capacitaciones se realizarán al menos dos veces por año en las comunidades del entorno, brindando herramientas para que los habitantes locales participen de forma activa y competitiva en el desarrollo regional.

Finalmente, durante la fase de abandono del proyecto, se prevé la implementación de campañas informativas específicas que den a conocer con claridad los tiempos,

procedimientos y alternativas disponibles para las personas que hayan tenido un vínculo laboral o comercial con el proyecto. Estas campañas buscarán generar certeza, transparencia y facilitar la transición hacia nuevas oportunidades laborales o económicas.

Subprograma de Desarrollo Cultural

Este subprograma tiene como propósito reconocer, preservar, fortalecer y difundir el patrimonio cultural tangible e intangible de las comunidades ubicadas en el área de influencia del proyecto, fomentando el respeto a la identidad local, el diálogo intercultural y la integración armónica entre el desarrollo turístico-residencial y la riqueza cultural regional.

El proyecto reconoce que el desarrollo sostenible no se limita al aspecto económico o ambiental, sino que también implica la valoración activa de la cultura como eje del bienestar y la cohesión social. En ese sentido, este subprograma busca crear oportunidades para que la cultura local sea parte viva y visible del proyecto, ya sea mediante su expresión artística, su memoria histórica, su cosmovisión o su producción artesanal y gastronómica.

El desarrollo de este subprograma se basará en la colaboración con actores locales, instituciones culturales y comunidades tradicionales, respetando sus derechos culturales, su autodeterminación y su participación activa en las decisiones.

Objetivo general

Preservar, fortalecer y promover la identidad cultural de las comunidades locales, integrando de manera respetuosa y activa su patrimonio y expresiones culturales en el entorno del proyecto, como parte de una estrategia de desarrollo socialmente responsable y culturalmente sostenible.

Objetivos específicos

- Fomentar la participación de portadores de tradiciones culturales locales en el diseño e implementación de actividades culturales asociadas al proyecto (talleres, ferias, exposiciones, etc.).
- Promover espacios y actividades de difusión cultural, que permitan visibilizar la diversidad artística, histórica y simbólica de la región entre habitantes, visitantes y trabajadores del desarrollo.
- Garantizar el respeto a los derechos culturales y la libre expresión de los pueblos y comunidades, promoviendo el diálogo intercultural y la inclusión de las voces locales.

Medidas

Este subprograma engloba las medidas que se presentan en la siguiente Tabla 6.32.

Tabla 6.32. Medidas que serán aplicadas como parte del Subprograma de Desarrollo Cultural.

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Establecer canales efectivos de comunicación comunitaria (mesas de diálogo, buzones, reuniones) para atender tensiones sociales derivadas de la inmigración	Prevención	Todas las etapas

Medida	Tipo de medida	Etapa de implementación
Elaborar y aprobar un plan de contingencias específico para hallazgos arqueológicos, en coordinación con el INAH	Prevención	Preparación
Fomentar la integración de población nueva con la comunidad local a través de actividades sociales, culturales o ambientales	Mitigación	Operación y mantenimiento
Mantener campañas de información continua sobre convivencia responsable, costumbres locales y sostenibilidad dirigida a población nueva	Mitigación	Operación y mantenimiento
Implementar programas de capacitación intercultural para trabajadores inmigrantes y población local	Mitigación	Todas las etapas
Mantener campañas de sensibilización sobre diversidad cultural y cohesión social dirigidas a toda la población (local e inmigrante)	Mitigación	Operación y mantenimiento
Monitorear de manera continua la calidad de los recursos naturales asociados a prácticas tradicionales locales	Mitigación	Operación y mantenimiento

Medidas a implementar

Conscientes de los cambios sociales que puede generar la llegada de nuevos trabajadores y pobladores, así como de la necesidad de preservar la armonía comunitaria, el proyecto ha establecido un conjunto de medidas enfocadas en prevenir tensiones sociales, fomentar la integración intercultural y proteger el patrimonio histórico y natural del territorio.

Desde las primeras etapas, se contempla la implementación de canales efectivos de comunicación comunitaria, como mesas de diálogo, buzones de sugerencias y reuniones periódicas, con el propósito de ofrecer espacios accesibles y continuos para la expresión de preocupaciones, sugerencias o inconformidades por parte de la comunidad local. El éxito de estos mecanismos será evaluado semestralmente con base en su continuidad operativa y en la resolución documentada de al menos el 80% de los conflictos o tensiones identificados.

En la fase de preparación del proyecto, y con el objetivo de proteger el patrimonio arqueológico, se elaborará un plan de contingencias específico para hallazgos fortuitos de bienes arqueológicos, el cual será desarrollado en coordinación con el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y aprobado por dicha autoridad. Este plan garantizará una respuesta inmediata y adecuada ante cualquier descubrimiento, evitando afectaciones al patrimonio cultural subterráneo.

Durante la etapa de operación, se priorizará la integración de la población recién llegada con los habitantes locales, a través de la organización de actividades sociales, culturales y ambientales de convivencia, como ferias comunitarias, jornadas de limpieza o talleres colaborativos. Estas acciones buscan generar espacios de interacción positiva y fortalecer el sentido de pertenencia colectiva.

Asimismo, se mantendrán campañas informativas dirigidas a la población nueva, centradas en promover una convivencia respetuosa con las costumbres locales, el entorno natural y las normas de comportamiento social, como el uso responsable del agua, el respeto a las tradiciones y la convivencia armónica con la fauna local.

De forma complementaria, se desarrollarán programas de capacitación intercultural tanto para los trabajadores inmigrantes como para la población residente, con contenidos orientados al reconocimiento de la diversidad cultural, la empatía y la colaboración. Cada grupo recibirá al menos una capacitación por etapa durante las fases iniciales y de manera anual durante la operación del proyecto.

Para consolidar un entorno de respeto mutuo y equidad, se mantendrán campañas anuales de sensibilización sobre la diversidad cultural y la cohesión social, dirigidas a toda la población. Estas campañas buscarán visibilizar la riqueza cultural presente, disminuir prejuicios y fortalecer los vínculos comunitarios. Su efectividad será monitoreada a través de encuestas de percepción comunitaria.

En cuanto a los recursos naturales vinculados a prácticas tradicionales, el proyecto asegurará su seguimiento continuo mediante la ejecución de los subprogramas incluidos en el Programa de Monitoreo Ambiental (PMA). Este monitoreo permitirá evaluar posibles impactos sobre actividades como la pesca, facilitando la aplicación de medidas correctivas si fuese necesario.

6.4. DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITGACIÓN CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL Y SOCIAL

Este apartado tiene como finalidad presentar de manera detallada las medidas de prevención, mitigación y, en su caso, compensación que serán implementadas para atender los impactos ambientales identificados y caracterizados en el capítulo anterior. Estas medidas se agrupan por componente ambiental y se estructuran conforme a las distintas etapas del proyecto: preparación, construcción, operación, mantenimiento y abandono.

Desde la fase de planeación del proyecto se adoptó una perspectiva orientada a la sostenibilidad ambiental, integrando criterios de conservación de la vegetación nativa, uso racional de los recursos y aprendizaje derivado de experiencias en proyectos similares en la región. Esta estrategia permitió anticipar impactos potenciales y priorizar el diseño de medidas preventivas como primera línea de actuación, minimizando desde el origen la necesidad de aplicar medidas correctivas o compensatorias.

Cada medida se describe a través de una ficha técnica que incluye: la etapa en la que se implementará, el tipo de medida (prevención, mitigación o compensación), su relación con el impacto ambiental específico, el programa o subprograma del Sistema de Gestión Ambiental Sostenible (SGAS) al que pertenece, el indicador de éxito y la frecuencia de seguimiento establecida para su evaluación.

El diseño de estas medidas responde tanto a criterios técnicos como normativos, en cumplimiento con la legislación ambiental vigente, y se sustenta en un enfoque adaptativo que permitirá su ajuste conforme evolucionen las condiciones del entorno y el propio desarrollo del proyecto.

6.4.1. Aire

Factor	Aire	Impacto ambiental / Clave	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes (Ai1) Acumulativo y sinérgico		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación, construcción y abandono	Implementar un programa de mantenimiento preventivo para maquinaria, equipos y vehículos para minimizar emisiones	SCGP	% de maquinaria con registros de mantenimiento actualizados	Mensual
	Preparación, construcción y abandono	Establecer un programa de optimización de rutas y tiempos de operación para reducir emisiones	SCGP	Programa de optimización de rutas documentado	Única vez (por etapa)
	Operación y mantenimiento	Aplicar un programa de verificación vehicular para unidades operativas	SCGP	% de vehículos verificados conforme al programa	Semestral
	Todas las etapas	Capacitar al personal sobre fuentes de emisión y técnicas de control de contaminantes atmosféricos	SCA	100% del personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Única vez (preparación, construcción y abandono); Anual (operación y mantenimiento)
Mitigación	Construcción y abandono	Priorizar el uso de maquinaria con certificación de bajas emisiones	SCGP	% de maquinaria utilizada con certificación de bajas emisiones	Por etapa
Compensación	Abandono	Desarrollar e implementar un programa de restauración ecológica, priorizando la recuperación de la vegetación nativa para compensar emisiones residuales	SR	Programa de restauración ecológica documentado. Superficie reforestada con tasa de supervivencia ≥80% a los 6 meses. Aparición de especies indicadoras de biodiversidad y salud del ecosistema	Única vez (programa de restauración). Reforestación: Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.

Factor	Aire	Impacto ambiental / Clave	Deterioro de la calidad por dispersión de partículas (Ai2) Acumulativo y sinérgico		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación, construcción y abandono	Humedecer periódicamente las áreas de trabajo expuestas para evitar la resuspensión de partículas	SCGP	Ausencia de polvo fugitivo visible en las zonas intervenidas (Bitácora: reportes de inspección visual)	Diaria
	Construcción	Cubrir adecuadamente los materiales de construcción durante el almacenamiento y transporte	SCGP	Materiales protegidos mediante lonas o coberturas (Bitácora: reportes de inspección visual)	Diaria
	Todas las etapas	Capacitar al personal en el control de dispersión de partículas y sus efectos en la salud y el ambiente	SCA	100% del personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Única vez por etapa (preparación, construcción, abandono) Anual (operación y mantenimiento)
Mitigación	Preparación, construcción y abandono	Instalar barreras rompevientos naturales o artificiales en zonas expuestas a dispersión de partículas	SCGP	Barreras instaladas y reducción visible de polvo (Bitácora: reportes de inspección visual y registro fotográfico)	Diaria
	Todas las etapas	Colocar señalización para la reducción de velocidad en caminos internos con el fin de disminuir emisiones de polvo	SCGP	Señalización instalada y respetada (reportes de inspección visual y registro fotográfico)	Única vez (por etapa)
	Operación y mantenimiento	Ejecutar un programa de mantenimiento periódico en caminos y zonas de tránsito vehicular para evitar generación de polvo y acumulación de residuos	SCGP	Programa documentado e implementado (Bitácora: registro de mantenimiento y reportes de inspección visual)	Mensual

Factor	Aire	Impacto ambiental / Clave	Incremento en los niveles de ruido (Ai3)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Todas las etapas	Realizar mantenimiento preventivo a maquinaria y equipo para evitar niveles de ruido excesivos	SCR	% de maquinaria con registros de mantenimiento actualizados	Mensual
	Preparación, construcción y abandono	Utilizar maquinaria equipada con sistemas de control de ruido (silenciadores, aislamiento acústico, etc.)	SCR	% de maquinaria con sistemas de reducción de ruido	Por etapa
	Operación y mantenimiento	Implementar aislamiento acústico a equipamiento u otras fuentes de ruido continuo	SCR	Niveles de ruido dentro de los límites establecidos por la normatividad (Bitácora: reportes de inspección)	Semanal
	Todas las etapas	Capacitar al personal en prácticas para minimizar la generación de ruido durante sus actividades	SCA	100% del personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Única vez por etapa (preparación, construcción, abandono) Anual (operación y mantenimiento)
Mitigación	Preparación, construcción y abandono	Instalar barreras acústicas temporales en torno a las fuentes de mayor emisión de ruido, especialmente en áreas sensibles	SCR	Niveles de ruido dentro de los límites establecidos por la normatividad (Bitácora: reportes de inspección visual y registro fotográfico)	Semanal
	Preparación, construcción y abandono	Establecer y hacer cumplir un horario exclusivo de operación diurno (evitando horas de descanso)	SCR	Cumplimiento documentado de horarios establecidos (bitácora de inspección)	Semanal
	Operación y mantenimiento	Realizar monitoreos periódicos de niveles sonoros conforme a la normatividad	SCR	Reporte de monitoreo con valores dentro de norma	Trimestral
	Construcción y abandono	Informar oportunamente a comunidades vecinas sobre actividades y horarios con potencial generación de ruido	SIEA	Número de comunicados emitidos y evidencia de difusión (carteles, avisos, etc.)	Por etapa

Factor	Aire	Impacto ambiental / Clave		Alteración del microclima (Ai4)	
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación	Minimizar la remoción de cobertura vegetal durante la preparación del sitio, limitándola estrictamente a las áreas necesarias para la construcción	SMAC	Áreas de trabajo claramente delimitadas y respetadas. No se observa tránsito de maquinaria fuera de estas zonas (Bitácora: reportes de inspección visual y evidencia fotográfica)	Diaria (durante la actividad de desmonte y despalme)
Compensación	Operación y mantenimiento	Elaborar e implementar un plan de reforestación con especies nativas, priorizando aquellas con valor ecológico (ej. especies endémicas, especies con algún estatus de protección, especies clave).	SR	Plan de reforestación aprobado con paleta vegetal de especies nativas y cronograma de implementación Superficie priorizada definida	Única vez (programa de restauración). Reforestación: Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.
	Abandono	Desarrollar e implementar un programa de restauración ecológica, priorizando la recuperación de la vegetación nativa, que cuentan con alta capacidad de regulación climática	SR	Programa de restauración ecológica documentado. Superficie reforestada con tasa de supervivencia ≥80% a los 6 meses. Aparición de especies indicadoras de biodiversidad y salud del ecosistema	Única vez (programa de restauración). Reforestación: Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.

6.4.2. Agua

Factor	Agua	Impacto ambiental / Clave	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo (Ag1)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Todas las etapas	Capacitar al personal sobre prácticas que minimicen el riesgo de infiltración de contaminantes al subsuelo	SCA	100% del personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Única vez por etapa (preparación, construcción, abandono) Anual (operación y mantenimiento)
	Todas las etapas	Colocar señalizaciones que indiquen los procedimientos y áreas adecuadas para la gestión de residuos	SISA	Señalización instalada y respetada (Bitácora: reportes de inspección visual y registro fotográfico)	Única vez (por etapa)
	Operación y mantenimiento	Implementar un programa de mantenimiento de redes hidráulicas para evitar fugas	PMIA	Programa de mantenimiento documentado. Número de fugas detectadas y corregidas según bitácora	Trimestral
Mitigación	Preparación, construcción y abandono	Instalar sistemas temporales de tratamiento de aguas residuales (ej. baños portátiles, a razón de uno por cada diez trabajadores, con gestión segura de residuos)	SMRL	Evidencia fotográfica y registro de instalación y correcto funcionamiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales temporales. Registros de recolección y disposición de residuos	Semanal
	Todas las etapas	Separar adecuadamente residuos sólidos para su reciclaje o disposición, en contenedores rotulados y estratégicamente ubicados	SMRSME / SMRP	Evidencia fotográfica y registros de manejo diferenciado de residuos según su tipo	Diaria
	Todas las etapas	Instalar y operar sistemas de contención temporal conforme a la normatividad para residuos sólidos, líquidos, peligrosos y combustibles	SMRL / SMRSME / SMRP	Registro de operación sin incidentes. Inspecciones visuales sin evidencia de fugas	Quincenal
	Todas las etapas	Mantenimiento preventivo a áreas de almacenamiento de residuos peligrosos	SMRP	Programa documentado. Verificación de condiciones óptimas de los contenedores (registro de bitácora)	Mensual
	Todas las etapas	Entregar residuos a empresas autorizadas para reciclaje o disposición final	SMRL / SMRSME / SMRP	Registros de entrega y manifiestos de disposición firmados por empresas autorizadas	Mensual

Factor	Agua	Impacto ambiental / Clave	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo (Ag1)		
	Operación y mantenimiento	Implementar un sistema definitivo de tratamiento de aguas residuales que cumpla con la normatividad ambiental (PTAR)	SMRL	Sistema construido y operativo. Cumplimiento con límites de descarga establecidos	Única vez (inicio de operación)
	Operación y mantenimiento	Implementar un programa regular de mantenimiento de la PTAR	PMIA	Bitácora de mantenimiento actualizada y cumplimiento del programa	Semestral
	Operación y mantenimiento	Monitoreo de calidad del efluente de la PTAR (parámetros fisicoquímicos y microbiológicos)	PMIA	Resultados dentro de normas y evaluados por un laboratorio acreditado por la EMA	Según frecuencia establecida en concesión
	Operación y mantenimiento	Supervisar el uso de agroquímicos biodegradables y de baja toxicidad autorizados por la CICOPLAFEST en áreas verdes del proyecto	SMAV	Bitácora: Reporte de inspección visual durante mantenimiento	Según programa de mantenimiento de áreas verdes
	Todas las etapas	Elaborar e implementar un protocolo de prevención y respuesta ante derrames accidentales de sustancias peligrosas, incluyendo capacitación del personal y disponibilidad de equipos de contención y limpieza	SPMC	Protocolo documentado y vigente. Equipos de contención disponibles y personal capacitado (evidencia fotográfica y listas de asistencia)	Protocolo: Única vez (previo a inicio de actividades), revisiones anuales; Equipo de contención: Revisiones semestrales; Capacitación: Única vez (preparación, construcción y abandono); Semestral (operación y mantenimiento)
	Preparación, construcción y operación y mantenimiento	Monitoreo de calidad del agua subterránea (parámetros fisicoquímicos y microbiológicos)	SMCA	Resultados dentro de normas	Etapa de preparación y construcción: Semestral Etapa de operación y mantenimiento: Anual durante cinco años
Compensación	Todas las etapas	Contar con programa de remediación ambiental en caso de contaminación por derrames o infiltración accidental	SPMC	Programa de remediación ambiental documentado	Única vez (previo a inicio de actividades), revisiones anuales

Factor	Agua	Impacto ambiental / Clave	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina (Ag2)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación	Realizar estudios de línea base sobre calidad del agua marina	PMIA	Estudio técnico realizado	Única vez, previo al inicio de actividades
Mitigación	Operación y mantenimiento	Monitorear calidad del agua marina en puntos de control cercanos a la zona de descargas del sistema de ósmosis inversa	SMAM	Reportes con resultados dentro de la normatividad	Semestral durante los dos primeros años de operación. Anual durante los siguientes años
	Operación y mantenimiento	Monitorear las descargas del sistema de ósmosis inversa	PMIA	Reportes mensuales con cumplimiento de parámetros establecidos en la autorización o norma aplicable	Mensual
	Operación y mantenimiento	Ejecutar programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la planta de ósmosis inversa para garantizar operación eficiente	PMIA	Bitácora técnica actualizada. Cero incidencias atribuibles a mal funcionamiento. Evidencia de mantenimientos realizados	Semestral
Compensación	Operación y mantenimiento	Contar con un programa de remediación en caso de alteración ambiental por el sistema de ósmosis inversa	SPMC	Programa de remediación ambiental documentado	Única vez (previo a inicio de actividades), revisiones anuales

Factor	Agua	Impacto ambiental / Clave	Cambio de la oferta hídrica (Ag4)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación	Realizar estudios de línea base sobre la disponibilidad de agua y recarga del acuífero.	PMIA	Estudio técnico realizado	Única vez (previo al inicio de actividades)
Mitigación	Construcción y operación y mantenimiento	Instalar y operar un sistema de tratamiento de agua mediante ósmosis inversa que cumpla con la normatividad y que cuente con monitoreo continuo del volumen extraído y retornado.	PMIA	Sistema instalado y operativo; parámetros del agua dentro de los límites establecidos por la norma. Registro continuo (bitácora) del volumen extraído y retornado; cumplimiento del porcentaje de retorno ≥70%	Única vez (verificación al término de la instalación) + trimestral durante primer año

Factor	Agua	Impacto ambiental / Clave	Alteración del área de recarga del recurso hídrico (Ag3)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Todas las etapas	Delimitar, señalizar y proteger las zonas de conservación (zonas de recarga) para evitar actividades que impidan la infiltración	SMAC	Zonas de recarga claramente delimitadas, con señalización visible y ausencia de intervenciones incompatibles (reportes de inspección visual y registro fotográfico)	Semanal (etapa de preparación, construcción y abandono) Mensual (etapa de operación y mantenimiento)
Mitigación	Construcción	Usar materiales permeables en vialidades, senderos y zonas comunes	PMIA	Superficie cubierta con materiales permeables ≥80% en vialidades, senderos y zonas comunes	Única vez (verificación al cierre de obra)
	Construcción y operación y mantenimiento	Diseño y mantenimiento de sistemas de drenaje pluvial que favorezcan la infiltración en áreas de recarga, utilizando técnicas de biofiltración y retención de sedimentos. El sistema de drenaje pluvial deberá estar separado del drenaje sanitario	PMIA	Sistemas implementados conforme al diseño hidráulico y separado del drenaje sanitario Programa de mantenimiento documentado	Sistemas de drenaje: Única vez (verificación al cierre de obra) Mensual (programa de mantenimiento en etapa de operación)
Compensación	Abandono	Desarrollar e implementar un programa de restauración ecológica, priorizando la recuperación de la vegetación nativa que favorece la infiltración y la recuperación de las funciones hidrológicas del suelo en zonas de recarga	SR	Programa de restauración ecológica documentado. Superficie reforestada con tasa de supervivencia ≥80% a los 6 meses. Aparición de especies indicadoras de biodiversidad y salud del ecosistema	Única vez (programa de restauración). Reforestación: Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.

Factor	Agua	Impacto ambiental / Clave	Alteración del patrón de drenaje superficial natural (Ag5)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación	Identificación y mapeo detallado de los patrones de drenaje superficial existentes para evitar su obstrucción o alteración por las actividades del proyecto	PMIA	Estudio técnico realizado	Única vez, previo al inicio de actividades
	Preparación	Diseño del proyecto que respete el escurrimiento superficial natural	PMIA	Proyecto aprobado incluye diseño con pendientes, escurrimientos y zonas de infiltración conservadas	Única vez (fase de diseño técnico)
	Construcción y operación y mantenimiento	Diseño y mantenimiento de sistemas de drenaje pluvial que respeten los patrones de drenaje natural, favoreciendo la infiltración y evitando la concentración de flujos que puedan causar erosión o inundaciones. El sistema de drenaje pluvial deberá estar separado del drenaje sanitario	PMIA	Sistemas implementados conforme al diseño hidráulico y separado del drenaje sanitario Programa de mantenimiento documentado	Sistemas de drenaje: Única vez (verificación al cierre de obra) Mensual (programa de mantenimiento en etapa de operación)
	Construcción	Instalar cuneta en las vialidades para minimizar efectos de contaminación en las escorrentías.	PMIA	Cunetas instaladas conforme a diseño del proyecto	Única vez (verificación al cierre de obra)
Mitigación	Preparación	Planificar la reforestación de áreas verdes preferentemente con especies nativas que ayuden a mantener la permeabilidad del suelo y la infiltración natural del agua, evitando la generación de escorrentía superficial excesiva	SR	Plan de reforestación aprobado con paleta vegetal de especies nativas (90%) y cronograma de implementación	Única vez (previo a construcción de obras)
	Construcción	Usar materiales permeables en vialidades, senderos y zonas comunes	PMIA	Superficie cubierta con materiales permeables ≥80% en vialidades, senderos y zonas comunes	Única vez (verificación al cierre de obra)
	Construcción	Implementar pasos de agua en zonas críticas para mantener conectividad	PMIA	Pasos de agua instalados en puntos críticos identificados (Bitácora: reportes de inspección visual y registro fotográfico)	Única vez durante construcción + evaluación funcional semestral
Compensación	Abandono	Desarrollar e implementar un programa de restauración ecológica, priorizando la recuperación de la vegetación nativa	PMIA	Programa de restauración ecológica documentado. Superficie reforestada con	Única vez (programa de restauración). Reforestación:

Factor	Agua	Impacto ambiental / Clave	Alteración del patrón de drenaje superficial natural (Ag5)		
		y la rehabilitación de microcuencas en zonas de alteración permanente		tasa de supervivencia ≥80% a los 6 meses. Aparición de especies indicadoras de biodiversidad y salud del ecosistema	Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.

6.4.3. Suelo

Factor	Suelo	Impacto ambiental / Clave	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas (Su1)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Todas las etapas	Capacitación al personal en prácticas que minimicen riesgos de contaminación al suelo	SCA	100% del personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Única vez (preparación, construcción y abandono); Anual (operación y mantenimiento)
	Todas las etapas	Colocar señalizaciones que indiquen los procedimientos y áreas adecuadas para la gestión de residuos	SISA	Señalización instalada y respetada (Bitácora: reportes de inspección visual y registro fotográfico)	Única vez (por etapa)
Mitigación	Preparación, construcción y abandono	Instalar sistemas temporales de tratamiento de aguas residuales (ej. baños portátiles, a razón de uno por cada diez trabajadores, con gestión segura de residuos)	SMRL	Evidencia fotográfica y registro de instalación y correcto funcionamiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales temporales. Registros de recolección y disposición de residuos	Semanal
	Todas las etapas	Separar adecuadamente residuos sólidos para su reciclaje o disposición, en contenedores rotulados y estratégicamente ubicados	SMRSME/ SMRP	Evidencia fotográfica y registros de manejo diferenciado de residuos según su tipo	Diaria
	Todas las etapas	Instalar y operar sistemas de contención temporal conforme a la normatividad para residuos sólidos, líquidos y combustibles	SMRL/SMRSME/ SMRP	Registro de operación sin incidentes. Inspecciones visuales sin evidencia de fugas	Quincenal
	Todas las etapas	Mantenimiento preventivo a áreas de almacenamiento de residuos peligrosos	SMRP	Programa documentado. Verificación de condiciones óptimas de los contenedores (registro de bitácora)	Mensual
	Todas las etapas	Entregar residuos a empresas autorizadas para reciclaje o disposición final	SMRL/SMRSME/ SMRP	Registros de entrega y manifiestos de disposición	Mensual

Factor	Suelo	Impacto ambiental / Clave	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas (Su1)		
				firmados por empresas autorizadas	
	Operación y mantenimiento	Implementar un sistema definitivo de tratamiento de aguas residuales que cumpla con la normatividad ambiental (PTAR)	SMRL	Sistema construido y operativo. Cumplimiento con límites de descarga establecidos	Única vez (inicio de operación)
	Operación y mantenimiento	Implementar un programa regular de mantenimiento de la PTAR	PMIA	Bitácora de mantenimiento actualizada y cumplimiento del programa	Semestral
	Operación y mantenimiento	Monitoreo de calidad del efluente de la PTAR (parámetros fisicoquímicos y microbiológicos)	PMIA	Resultados dentro de normas y evaluados por un laboratorio acreditado por la EMA	Según frecuencia establecida en concesión
	Operación y mantenimiento	Supervisar el uso de agroquímicos biodegradables y de baja toxicidad autorizados por la CICOPLAFEST en áreas verdes del proyecto	SMAV	Bitácora: Reporte de inspección visual durante mantenimiento	Según programa de mantenimiento de áreas verdes
	Todas las etapas	Elaborar e implementar un protocolo de prevención y respuesta ante derrames accidentales de sustancias peligrosas, incluyendo capacitación del personal y disponibilidad de equipos de contención y limpieza	SPMC	Protocolo documentado y vigente. Equipos de contención disponibles y personal capacitado (evidencia fotográfica y listas de asistencia)	Protocolo: Única vez (previo a inicio de actividades), revisiones anuales; Equipo de contención: Revisiones semestrales; Capacitación: Única vez (preparación, construcción y abandono); Semestral (operación y mantenimiento)
Compensación	Todas las etapas	Contar con programa de remediación ambiental en caso de contaminación por derrames o infiltración accidental	SPMC	Programa de remediación ambiental documentado	Única vez (previo a inicio de actividades), revisiones anuales
	Abandono	Desarrollar e implementar un programa de restauración ecológica, considerando la rehabilitación de la capa superficial del suelo en áreas intervenidas, utilizando técnicas de bioingeniería y enmiendas orgánicas para recuperar sus propiedades físicas, químicas y biológicas	SR	Programa de restauración ecológica documentado. Superficie reforestada con tasa de supervivencia ≥80% a los 6 meses. Aparición de especies indicadoras de biodiversidad y salud del ecosistema	Única vez (programa de restauración). Reforestación: Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.

Factor	Suelo	Impacto ambiental / Clave		Alteración de la estructura (Su2)	
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación, construcción y abandono	Delimitar claramente las áreas de trabajo y restringir el acceso de maquinaria pesada a zonas no autorizadas para evitar compactación innecesaria	SISA	Áreas de trabajo claramente delimitadas y respetadas. No se observa tránsito de maquinaria fuera de estas zonas (reportes de inspección visual y evidencia fotográfica)	Diaria
	Todas las etapas	Establecer rutas definidas para el tráfico vehicular y peatonal	SISA	100% de la señalización colocada y respetada (Bitácora: reportes de inspección visual y evidencia fotográfica)	Única vez (por etapa)
	Preparación, construcción y abandono	Implementar zanjas de desviación, diques o barreras naturales para el control de escorrentía y evitar erosión superficial	PMIA	Zanjas y barreras operativas, sin evidencia de erosión activa en área de influencia	Semanal + después de eventos de lluvia ≥20 mm
Mitigación	Operación y mantenimiento	Diseño y mantenimiento de sistemas de drenaje pluvial para asegurar que no se generen flujos concentrados que puedan causar erosión y alteración de la estructura del suelo. El sistema de drenaje pluvial deberá estar separado del drenaje sanitario	PMIA	Sistemas implementados conforme al diseño hidráulico y separado del drenaje sanitario Programa de mantenimiento documentado	Sistemas de drenaje: Única vez (verificación al cierre de obra) Mensual (programa de mantenimiento en etapa de operación)
	Preparación	El suelo y vegetación retirados de las zonas de aprovechamiento se acopiará para su uso en el vivero y áreas verdes	SRMV	100% del suelo removido almacenado en montículos adecuados (protegido de erosión, compactación y pérdida de humedad) y utilizado en labores de vivero y áreas verdes (registro fotográfico)	Durante fase de movimiento de tierras
Compensación	Abandono	Desarrollar e implementar un programa de restauración ecológica, considerando la recuperación de estructura del suelo	SR	Programa de restauración ecológica documentado. Superficie reforestada con tasa de supervivencia ≥80% a los 6 meses. Aparición de especies indicadoras de biodiversidad y salud del ecosistema	Única vez (programa de restauración). Reforestación: Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.

6.4.4. Geoforma

Factor	Geoforma	Impacto ambiental / Clave	Alteración de los procesos morfodinámicos (Go1)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación	Planificar la reforestación de áreas verdes preferentemente con especies nativas que contribuyan a la estabilización del suelo y la protección contra la erosión hídrica y eólica, especialmente en áreas con pendientes o expuestas	SR	Plan de reforestación aprobado con paleta vegetal de especies nativas (90%) y cronograma de implementación	Única vez (previo a construcción de obras)
	Construcción	Almacenar materiales alejados de zonas con pendientes pronunciadas o susceptibles a la erosión	SMRSME	100% de materiales fuera de zonas de riesgo; evidencia fotográfica	Quincenal durante construcción
Mitigación	Construcción y operación y mantenimiento	Diseño y mantenimiento de sistemas de drenaje pluvial para controlar escorrentía y prevenir erosión y alteración del perfil del terreno. El sistema de drenaje pluvial deberá estar separado del drenaje sanitario	PMIA	Sistemas implementados conforme al diseño hidráulico y separado del drenaje sanitario Programa de mantenimiento documentado	Sistemas de drenaje: Única vez (verificación al cierre de obra) Mensual (programa de mantenimiento en etapa de operación)
Compensación	Abandono	Desarrollar e implementar un programa de restauración ecológica, priorizando la recuperación de la vegetación nativa para estabilizar el suelo y prevenir la erosión a largo plazo	SR	Programa de restauración ecológica documentado. Superficie reforestada con tasa de supervivencia ≥80% a los 6 meses. Aparición de especies indicadoras de biodiversidad y salud del ecosistema	Única vez (programa de restauración). Reforestación: Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.

Factor	Geoforma	Impacto ambiental / Clave		Alteración de la topografía (Go2)	
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación	Realización de un levantamiento topográfico detallado del área del proyecto para identificar las elevaciones y pendientes existentes, y así planificar la ubicación de las estructuras minimizando las modificaciones al terreno natural	SMAC	Estudio técnico realizado Diseño adaptado con mínima modificación del terreno natural	Única vez, previo al inicio de actividades (realizada)
	Preparación	Identificar áreas con pendientes críticas o alta susceptibilidad a erosión para conservar vegetación o implementar medidas de bioingeniería	SMAC	Áreas sensibles mapeadas e integradas al diseño; medidas de protección propuestas e implementadas	Única vez (con actualización previa al inicio de obra)
Compensación	Abandono	Desarrollar e implementar un programa de restauración ecológica, priorizando la recuperación de la vegetación nativa que ayude a estabilizar el suelo y a recuperar la morfología natural del terreno a largo plazo	SR	Programa de restauración ecológica documentado. Superficie reforestada con tasa de supervivencia ≥80% a los 6 meses. Aparición de especies indicadoras de biodiversidad y salud del ecosistema	Única vez (programa de restauración). Reforestación: Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.

6.4.5. Flora

Factor	Flora	Impacto ambiental / Clave	Alteración en la composición de las especies (FI1) Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas (FI2)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación	Realizar un inventario florístico para identificar especies nativas, endémicas y protegidas presentes en el área del proyecto	SMAV/SMAC	Estudio técnico realizado	Única vez (previo al inicio de actividades)
	Preparación	Implementar un programa de rescate y reubicación de especies nativas, con énfasis en endémicas y protegidas, para conservación en vivero y posterior reintroducción	SRMV	≥85% de supervivencia en vivero; plan de reintroducción documentado	Mensual (seguimiento en vivero hasta su reubicación)
	Preparación y construcción	Delimitar, señalizar y proteger las zonas de conservación para evitar actividades que puedan dañarlas. Colocación de letreros informativos, destacando su importancia ecológica.	SISA	Zonas de conservación claramente delimitadas, con señalización visible y ausencia de intervenciones incompatibles. Letreros informativos colocados (reportes de inspección visual y registro fotográfico).	Semanal (etapa de preparación y construcción) Mensual (etapa de operación y mantenimiento)
	Preparación, construcción, operación y mantenimiento y abandono	Capacitar al personal sobre identificación de especies nativas/endémicas/protegidas y control de exóticas invasoras	SCA	100% del personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Única vez (preparación, construcción y abandono); Anual (operación y mantenimiento)
	Preparación, construcción, operación y mantenimiento y abandono	Contar con un protocolo para la Prevención de Introducción y Dispersión de Especies Exóticas Invasoras que incluya: Procedimientos de limpieza de maquinaria, control de fuentes de materiales y manejo de residuos para evitar la propagación de especies no nativas.	SCA	Protocolo documentado y vigente	Única vez (previo a inicio de actividades), revisiones anuales
Mitigación	Preparación	Habilitar y operar un vivero y mantener especies rescatadas con condiciones adecuadas para su futura revegetación	SRMV	Vivero establecido y operando (registro fotográfico) Supervivencia ≥85%; reporte de sanidad vegetal y propagación	Mensual (seguimiento en vivero hasta su reubicación)
	Operación y mantenimiento	Diseñar áreas verdes con especies nativas, adaptadas a las condiciones locales y para maximizar servicios ecosistémicos (hábitat de polinizadores, recarga hídrica, regulación térmica, control de escorrentía, sumideros de carbono)	SMAV	≥90% de las especies utilizadas son nativas	Única vez (en conformación de áreas verdes)

Factor	Flora	Impacto ambiental / Clave	Alteración en la composición de las especies (FI1) Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas (FI2)		
	Operación y mantenimiento	Elaborar y ejecutar un plan de mantenimiento de áreas verdes	SMAV	Programa de mantenimiento documentado e implementado	Bimestral (mantenimiento) Anual (evaluación del estado)
	Operación y mantenimiento y abandono	Usar exclusivamente plantas cuya legal procedencia haya sido verificada (labores de reforestación)	SR	100% de plantas que no provengan de las labores de rescate con legal procedencia	De acuerdo a programa de reforestación
	Preparación, construcción y operación y mantenimiento	Monitorear la vegetación para detectar la introducción de especies exóticas invasoras y evaluar salud de las poblaciones nativas, incluyendo especies en categoría de protección	SMV	Reportes de monitoreo; tendencia estable o positiva de especies nativas	Etapa de preparación y construcción: Semestral Etapa de operación y mantenimiento: Anual durante cinco años
	Operación y mantenimiento	Instalar señalética educativa sobre especies protegidas	SISA	Señalización colocada en puntos clave (Bitácora: reportes de inspección visual y registro fotográfico)	Revisión anual o cuando se detecte vandalismo/desgaste
Compensación	Operación y mantenimiento	Elaborar e implementar un plan de reforestación con especies nativas, priorizando aquellas con valor ecológico (ej. especies endémicas, especies con algún estatus de protección, especies clave).	SR	Plan de reforestación aprobado con paleta vegetal de especies nativas y cronograma de implementación Superficie priorizada definida	Única vez (programa de restauración). Reforestación: Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.
	Abandono	Desarrollar e implementar un programa de restauración ecológica, priorizando la recuperación de la vegetación nativa, con el objetivo de recuperar la composición florística original del área	SR	Programa de restauración ecológica documentado. Superficie reforestada con tasa de supervivencia ≥80% a los 6 meses. Aparición de especies indicadoras de biodiversidad y salud del ecosistema	Única vez (programa de restauración). Reforestación: Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.

6.4.6. Fauna

Factor	Fauna	Impacto ambiental / Clave	Alteración en la composición de las especies (Fa1) Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas (Fa2)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación	Realizar un inventario faunístico para identificar la composición de especies nativas, endémicas y protegidas	SMRF	Estudio técnico realizado	Única vez (previo al inicio de actividades)
	Preparación	Implementar un programa de rescate de fauna, con protocolos específicos por taxa y con énfasis en las especies endémicas y protegidas, asegurando su reubicación en sitios seguros	SMRF	≥90% de éxito en rescates y liberaciones; reportes con evidencia fotográfica y seguimiento posliberación (si aplica)	Diaria durante rescates
	Preparación y construcción	Delimitar, señalizar y proteger las zonas de conservación para evitar actividades que puedan dañarlas. Colocación de letreros informativos, destacando su importancia ecológica.	SISA	Zonas de recarga claramente delimitadas, con señalización visible y ausencia de intervenciones incompatibles. Letreros informativos colocados (reportes de inspección visual y registro fotográfico).	Semanal (etapa de preparación y construcción) Mensual (etapa de operación y mantenimiento)
	Todas las etapas	Capacitar al personal sobre identificación de especies nativas/protegidas y control de exóticas invasoras	SCA	100% del personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Única vez (preparación, construcción y abandono); Anual (operación y mantenimiento)
	Todas las etapas	Contar con un protocolo para la Prevención de Introducción y Dispersión de Especies Exóticas Invasoras que incluya: Procedimientos de limpieza de maquinaria, control de fuentes de materiales y manejo de residuos para evitar la propagación de especies no nativas.	SCA	Protocolo documentado y vigente	Única vez (previo a inicio de actividades), revisiones anuales
	Todas las etapas	Contar con un protocolo para el manejo de especies consideradas riesgosas	SSS	Protocolo documentado Personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Protocolo: Única vez (previo a inicio de actividades), revisiones anuales; Capacitación: Única vez (preparación, construcción y abandono); Semestral (operación y mantenimiento)
Mitigación	Todas las etapas	Instalar señalización de reducción de velocidad para prevenir atropellamientos y disturbios en caminos internos	SCGP	Señalización visible en ≥90% de caminos; reporte de incidentes con fauna igual a cero	Mensual durante construcción y operación

Factor	Fauna	Impacto ambiental / Clave	Alteración en la composición de las especies (Fa1) Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas (Fa2)		
	Preparación, construcción y operación y mantenimiento	Monitorear la fauna para detectar la introducción de especies exóticas invasoras y evaluar salud de las poblaciones nativas, incluyendo especies en categoría de protección	SMF	Reportes de monitoreo; tendencia estable o positiva de especies nativas	Etapa de preparación y construcción: Semestral Etapa de operación y mantenimiento: Anual durante cinco años
	Operación y mantenimiento	Instalar señalética educativa sobre especies protegidas	SISA	Señalización colocada en puntos clave (Bitácora: reportes de inspección visual y registro fotográfico)	Revisión anual o cuando se detecte vandalismo/desgaste
Compensación	Abandono	Desarrollar e implementar un programa de restauración ecológica, que incluya criterios de hábitat para fauna (refugio, alimento, conectividad).	SR	Programa de restauración ecológica documentado. Superficie reforestada con tasa de supervivencia ≥80% a los 6 meses. Aparición de especies indicadoras de biodiversidad y salud del ecosistema	Única vez (programa de restauración). Reforestación: Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.

Factor	Fauna	Impacto ambiental / Clave	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna (Fa3)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación, construcción y abandono	Implementar medidas para minimizar el ruido y las vibraciones, especialmente en horarios sensibles para la fauna (amanecer y atardecer)	SMRF	Aplicación de medidas establecidas en el SCR	Según frecuencia establecida en cada medida
	Todas las etapas	Colocar señalización informativa sobre fauna local y buenas prácticas para evitar la alteración de sus pautas de comportamiento	SISA	Señalética colocada en ≥90% de puntos de acceso, senderos y áreas comunes; contenido actualizado y visible	Trimestral o tras eventos de vandalismo/desgaste
	Todas las etapas	Capacitar al personal sobre la conducta adecuada ante encuentros con fauna y su importancia ecológica	SCA	100% del personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Única vez por etapa (preparación, construcción, abandono) Anual (operación y mantenimiento)
	Operación y mantenimiento	Desarrollar e implementar un programa de sensibilización ambiental para huéspedes y residentes sobre fauna local y prácticas responsables	SIEA	Programa implementado con ≥3 campañas anuales (carteles, talleres, medios digitales) (reporte de actividades)	Anual
Mitigación	Construcción	Diseñar sistemas de iluminación exterior que minimicen la contaminación lumínica (luces direccionales, ámbar, baja intensidad, horarios controlados)	SMRF	Iluminación en zonas sensibles con cumplimiento de criterios	Única vez (verificación al cierre de obras)

6.4.7. Ecosistemas terrestres

Factor	Ecosistemas terrestres	Impacto ambiental / Clave	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural (Eco1) Modificación y fragmentación del hábitat (Eco2)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación	Planificar el proyecto considerando conectividad ecológica y permeabilidad del paisaje para evitar la fragmentación del hábitat	SMAC	Diseño del proyecto acorde con la zonificación ambiental definida de acuerdo a los instrumentos de ordenamiento territorial vigentes y aplicables	Única vez (en etapa de diseño técnico) (realizada)
	Preparación	Minimizar la remoción de cobertura vegetal durante la preparación del sitio, limitándola estrictamente a las áreas necesarias para la construcción	SMAC	Áreas de trabajo claramente delimitadas y respetadas. No se observa tránsito de maquinaria fuera de estas zonas (Bitácora: reportes de inspección visual y evidencia fotográfica)	Diaria (durante la actividad de desmonte y despalme)
	Preparación y construcción	Delimitar, señalizar y proteger las zonas de conservación para evitar actividades que puedan dañarlas. Colocación de letreros informativos, destacando su importancia ecológica.	SISA	Zonas de recarga claramente delimitadas, con señalización visible y ausencia de intervenciones incompatibles (reportes de inspección visual y registro fotográfico)	Semanal (etapa de preparación y construcción) Mensual (etapa de operación y mantenimiento)
	Construcción	Capacitar al personal de construcción sobre los impactos de la fragmentación del hábitat, la importancia de mantener la conectividad ecológica y los protocolos para evitar daños a la vegetación y la fauna durante las actividades de obra	SCA	100% del personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Única vez por etapa
Mitigación	Construcción	Implementar pasos de fauna (ductos, canaletas) en zonas críticas para mantener conectividad	SMRF	Pasos de fauna instalados en puntos críticos identificados (Bitácora: reportes de inspección visual y registro fotográfico)	Única vez durante construcción + evaluación funcional semestral
	Operación y mantenimiento	Diseñar áreas verdes con especies nativas, adaptadas a las condiciones locales y para maximizar servicios ecosistémicos (hábitat de polinizadores, recarga hídrica, regulación térmica, control de escorrentía, sumideros de carbono)	SMAV	≥90% de las especies utilizadas son nativas	Única vez (en conformación de áreas verdes)

Factor	Ecosistemas terrestres	Impacto ambiental / Clave	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural (Eco1) Modificación y fragmentación del hábitat (Eco2)		
	Operación y mantenimiento	Elaborar y ejecutar un plan de mantenimiento de áreas verdes	SMAV	Programa de mantenimiento documentado e implementado	Bimestral (mantenimiento) Anual (evaluación del estado)
	Preparación, construcción y operación y mantenimiento	Monitorear la vegetación para detectar la introducción de especies exóticas invasoras y evaluar salud de las poblaciones nativas, incluyendo especies en categoría de protección	SMV	Reportes de monitoreo; tendencia estable o positiva de especies nativas	Etapa de preparación y construcción: Semestral Etapa de operación y mantenimiento: Anual
	Preparación, construcción y operación y mantenimiento	Monitorear la fauna para detectar la introducción de especies exóticas invasoras y evaluar salud de las poblaciones nativas, incluyendo especies en categoría de protección	SMF	Reportes de monitoreo; tendencia estable o positiva de especies nativas	Etapa de preparación y construcción: Semestral Etapa de operación y mantenimiento: Anual
Compensación	Operación y mantenimiento	Elaborar e implementar un plan de reforestación con especies nativas, priorizando aquellas con valor ecológico (ej. especies endémicas, especies con algún estatus de protección, especies clave).	SR	Plan de reforestación aprobado con paleta vegetal de especies nativas y cronograma de implementación Superficie priorizada definida	Única vez (programa de restauración). Reforestación: Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.
	Abandono	Desarrollar e implementar un programa de restauración ecológica, priorizando la reconexión de fragmentos de hábitat, la recuperación de la vegetación nativa y la creación de condiciones favorables para el restablecimiento de las poblaciones de fauna	SR	Programa de restauración ecológica documentado. Superficie reforestada con tasa de supervivencia ≥80% a los 6 meses. Aparición de especies indicadoras de biodiversidad y salud del ecosistema	Única vez (programa de restauración). Reforestación: Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.

Factor	Ecosistemas terrestres	Impacto ambiental / Clave	Modificación de los servicios ambientales (Eco3)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación	Planificar la reforestación de áreas verdes preferentemente con especies nativas para que maximicen la provisión de servicios ambientales relevantes para el contexto local (ej. especies de rápido crecimiento para captura de carbono, especies con alta cobertura para control de erosión)	SR	Plan de reforestación aprobado con paleta vegetal de especies nativas (90%) y cronograma de implementación	Única vez (previo a construcción de obras)
	Operación y mantenimiento	Implementar un sistema definitivo de tratamiento de aguas residuales que cumpla con la normatividad y evite la contaminación del suelo y el agua, preservando la calidad del agua como servicio ambiental	SMRL	Sistema construido y operativo. Cumplimiento con límites de descarga establecidos	Única vez (inicio de operación)
Mitigación	Operación y mantenimiento	Diseñar áreas verdes con especies nativas, adaptadas a las condiciones locales y para maximizar servicios ecosistémicos (hábitat de polinizadores, recarga hídrica, regulación térmica, control de escorrentía, sumideros de carbono)	SMAV	≥90% de las especies utilizadas son nativas	Única vez (en conformación de áreas verdes)
	Operación y mantenimiento	Elaborar y ejecutar un plan de mantenimiento de áreas verdes	SMAV	Programa de mantenimiento documentado e implementado	Bimestral (mantenimiento) Anual (evaluación del estado)
	Preparación, construcción y operación y mantenimiento	Monitorear la calidad del agua subterránea como indicador del servicio de provisión de agua limpia	SMCA	Resultados dentro de normas	Etapa de preparación y construcción: Semestral Etapa de operación y mantenimiento: Anual durante cinco años
Compensación	Operación y mantenimiento	Ejecutar proyectos sociales compensatorios: educación ambiental, producción sostenible, infraestructura verde comunitaria	SDS	Al menos un proyecto ejecutado por año en zonas de influencia; indicadores de participación y beneficios ambientales	Anual
	Abandono	Desarrollar e implementar un programa de restauración ecológica, priorizando la recuperación de la vegetación nativa que contribuya a la recuperación de los servicios ambientales perdidos (ej. captura de carbono, regulación hídrica, mejora de la calidad del suelo)	SR	Programa de restauración ecológica documentado. Superficie reforestada con tasa de supervivencia ≥80% a los 6 meses. Aparición de especies indicadoras de biodiversidad y salud del ecosistema	Única vez (programa de restauración). Reforestación: Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.

6.4.8. Ecosistemas acuáticos

Factor	Ecosistemas acuáticos	Impacto ambiental / Clave	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna) (Eco4)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación	Realizar estudios de línea base sobre la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton, ictiofauna) en zona de influencia de la toma y descarga del sistema de ósmosis inversa	SMCP	Estudio técnico realizado	Única vez, previo al inicio de actividades
	Preparación	Realizar estudios de línea base sobre calidad del agua marina	SMAM	Estudio técnico realizado	Única vez, previo al inicio de actividades
	Operación y mantenimiento	Implementar un sistema definitivo de tratamiento de aguas residuales que cumpla con la normatividad ambiental (PTAR) para evitar la descarga de efluentes no tratados que puedan alterar la calidad del agua marina y afectar indirectamente a la comunidad pelágica	SMRL	Sistema construido y operativo. Cumplimiento con límites de descarga establecidos	Única vez (inicio de operación)
	Operación y mantenimiento	Ejecutar programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la planta de ósmosis inversa para garantizar operación eficiente	PMIA	Bitácora técnica actualizada. Cero incidencias atribuibles a mal funcionamiento. Evidencia de mantenimientos realizados	Semestral
Mitigación	Operación y mantenimiento	Implementar monitoreo de la comunidad pelágica en zonas de influencia (succión y descarga) de la planta de ósmosis inversa	SMCP	Variaciones dentro de límites naturales estacionales; ausencia de pérdida de riqueza o dominancia de especies tolerantes	Semestral
	Operación y mantenimiento	Monitorear la calidad del agua marina en puntos de control cercanos a la zona de descargas del sistema de ósmosis inversa para verificar el cumplimiento de los estándares y detectar cualquier cambio en los parámetros fisicoquímicos que pueda afectar a la comunidad pelágica	SMAM	Reportes semestrales con resultados dentro de la normatividad	Semestral

Factor	Ecosistemas acuáticos	Impacto ambiental / Clave	Alteración de la comunidad bentónica (Eco5)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación	Realizar estudios de línea base sobre la comunidad bentónica en área de influencia de la descarga del sistema de ósmosis inversa	SMCP	Estudio técnico realizado	Única vez, previo al inicio de actividades
	Preparación	Realizar estudios de línea base sobre calidad del agua marina	SMAM	Estudio técnico realizado	Única vez, previo al inicio de actividades
	Operación y mantenimiento	Ejecutar programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la planta de ósmosis inversa para garantizar operación eficiente	PMIA	Bitácora técnica actualizada. Cero incidencias atribuibles a mal funcionamiento. Evidencia de mantenimientos realizados	Semestral
Mitigación	Operación y mantenimiento	Implementar monitoreo de la comunidad bentónica en la zona de descarga de la planta de ósmosis inversa para detectar posibles alteraciones en composición, abundancia, diversidad o salud como resultado de la descarga del efluente	SMCB	Estabilidad de la comunidad o evidencia de impactos leves y controlados; no pérdida de especies indicadoras o sensibles	Semestral
	Operación y mantenimiento	Monitorear la calidad del agua marina en puntos de control cercanos a la zona de descargas del sistema de ósmosis inversa para verificar el cumplimiento de los estándares y detectar cualquier cambio en los parámetros fisicoquímicos que pueda afectar a la comunidad pelágica	SMAM	Reportes semestrales con resultados dentro de la normatividad	Semestral

Factor	Ecosistemas acuáticos	Impacto ambiental / Clave	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos (Eco6)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación	Estudio de línea base detallado de las comunidades planctónicas y bentónicas en el área de influencia de la toma y descarga.	SMCP/SMCB	Estudios técnicos realizados	Única vez, previo al inicio de actividades
	Preparación	Realizar estudios de línea base sobre calidad del agua marina	SMAM	Estudio técnico realizado	Única vez, previo al inicio de actividades

Factor	Ecosistemas acuáticos	Impacto ambiental / Clave	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos (Eco6)		
	Preparación	Planificación del manejo de efluentes del sistema de ósmosis inversa con diseño óptimo de descarga (difusores, ubicación y profundidad)	PMIA	Diseño validado conforme a estudios de dispersión y modelación hidrodinámica	Única vez (fase de diseño técnico)
	Preparación	Elaborar protocolo de actuación en caso de avistamiento o interacción con mamíferos marinos	SMRF	Protocolo documentado Personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Protocolo: Única vez (previo a inicio de actividades); Capacitación: Única vez (previo a etapa de construcción de la planta de ósmosis inversa
	Operación y mantenimiento	Ejecutar programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la planta de ósmosis inversa para garantizar operación eficiente	PMIA	Bitácora técnica actualizada. Cero incidencias atribuibles a mal funcionamiento. Evidencia de mantenimientos realizados	Semestral
	Todas las etapas	Capacitación del personal sobre conservación marina y cumplimiento de normas ambientales	SCA	100% del personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Única vez por etapa
	Construcción	Señalización de zonas de trabajo durante instalación del sistema de ósmosis inversa	SISA	Señalización colocada y visible; registros de cumplimiento mediante inspecciones visuales	Semanal
	Abandono	Asegurar la correcta disposición y tratamiento de cualquier residuo líquido generado durante el desmantelamiento del sistema de ósmosis inversa, evitando contaminación bentónica	SMRL	Cero vertimientos o residuos líquidos mal gestionados	Única vez durante el proceso de desmantelamiento
Mitigación	Construcción	Monitorear turbidez y sólidos suspendidos en áreas de toma y descarga durante instalación del sistema de ósmosis inversa	PMIA	Niveles dentro de los límites establecidos por norma y sin eventos críticos	Diaria durante construcción
	Todas las etapas	Elaborar e implementar un protocolo de prevención y respuesta ante derrames accidentales de sustancias peligrosas, incluyendo capacitación del personal y disponibilidad de equipos de contención y limpieza	SPMC	Protocolo documentado y vigente. Equipos de contención disponibles y personal capacitado (evidencia fotográfica y listas de asistencia)	Protocolo: Única vez (previo a inicio de actividades), revisiones anuales; Equipo de contención: Revisiones semestrales; Capacitación: Única vez (preparación, construcción y abandono); Semestral (operación y mantenimiento)
	Operación y mantenimiento	Implementar monitoreo de la comunidad pelágica en zonas de influencia (succión y descarga) de la planta de ósmosis inversa	SMCP	Variaciones dentro de límites naturales estacionales; ausencia de pérdida de riqueza o dominancia de especies tolerantes	Semestral

Factor	Ecosistemas acuáticos	Impacto ambiental / Clave	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos (Eco6)		
	Operación y mantenimiento	Implementar monitoreo de la comunidad bentónica en la zona de descarga de la planta de ósmosis inversa para detectar posibles alteraciones en composición, abundancia, diversidad o salud como resultado de la descarga del efluente	SMCB	Estabilidad de la comunidad o evidencia de impactos leves y controlados; no pérdida de especies indicadoras o sensibles	Semestral
	Operación y mantenimiento	Monitorear calidad del agua marina en puntos de control cercanos a la zona de descargas del sistema de ósmosis inversa para detectar cualquier cambio en los parámetros fisicoquímicos que pueda afectar a la comunidad pelágica	SMAM	Reportes semestrales con resultados dentro de la normatividad	Semestral
	Operación y mantenimiento	Monitorear presencia, comportamiento y estado de salud de mamíferos marinos en el área de influencia de la zona de descarga del sistema de ósmosis inversa	SMF	Ausencia de conductas anómalas atribuibles al proyecto; sin reportes de afectación directa o indirecta	Trimestral (durante un año)

Factor	Ecosistemas acuáticos	Impacto ambiental / Clave	Afectación de manglar (Eco7)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación	Estudio de línea base del ecosistema de manglar	SMM	Estudio técnico realizado	Única vez, previo al inicio de actividades
	Preparación	Evaluación hidrogeológica para identificar interacción entre aguas subterráneas y el manglar	PMIA	Estudio técnico realizado	Única vez, previo al inicio de obras
Mitigación	Construcción	Señalización de límites del manglar y restricción de acceso no autorizado	SISA	Señalización instalada y registros de supervisión de acceso	Trimestral durante construcción
	Todas las etapas	Elaborar e implementar un protocolo de prevención y respuesta ante derrames accidentales de sustancias peligrosas, incluyendo capacitación del personal y disponibilidad de equipos de contención y limpieza	SPMC	Protocolo documentado y vigente. Equipos de contención disponibles y personal capacitado (evidencia fotográfica y listas de asistencia)	Protocolo: Única vez (previo a inicio de actividades), revisiones anuales; Equipo de contención: Revisiones semestrales; Capacitación: Única vez (preparación, construcción y abandono); Semestral (operación y mantenimiento)

Factor	Ecosistemas acuáticos	Impacto ambiental / Clave		Afectación de manglar (Eco7)	
	Operación y mantenimiento	Implementar un sistema definitivo de tratamiento de aguas residuales que cumpla con la normatividad ambiental (PTAR)	SMRL	Sistema construido y operativo. Cumplimiento con límites de descarga establecidos	Única vez (inicio de operación)
	Operación y mantenimiento	Implementar un programa regular de mantenimiento de la PTAR	PMIA	Bitácora de mantenimiento actualizada y cumplimiento del programa	Semestral
	Construcción y operación y mantenimiento	Monitoreo de salud del manglar: cobertura, regeneración, productividad	SMM	Reportes de monitoreo; tendencia estable o positiva de especies nativas	Etapa de construcción: Semestral Etapa de operación y mantenimiento: Anual
Compensación	Operación y mantenimiento	Establecer un centro para la conservación y uso sustentable del manglar y recurso costeros en coordinación con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	SRMV	Centro establecido y acuerdo de colaboración firmado	Anual para informe de resultados en etapa de operación
	Operación y mantenimiento	Elaborar e implementar un plan de reforestación de manglar	SRMV	Plan de reforestación aprobado y cronograma de implementación Superficie priorizada definida	Acorde a convenio

6.4.9. Paisaje

Factor	Paisaje	Impacto ambiental / Clave		Alteración de la calidad visual (Pa1)	
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación	Diseño paisajístico con vegetación nativa para apantallamiento visual e integración ecológica	SMAV	Proyecto de paisaje validado y especies vegetales nativas en al menos el 80% del diseño	Única vez previo a obra, seguimiento anual en operación
	Preparación	Delimitar, señalizar y proteger las zonas de conservación para evitar actividades que puedan dañarlas	SMAC	Áreas de trabajo claramente delimitadas y respetadas. No se observa tránsito de maquinaria fuera de estas zonas (Bitácora: reportes de inspección visual y evidencia fotográfica)	Diaria (durante la actividad de desmonte y despalme)
Mitigación	Construcción	Manejo ordenado y limpieza continua de las áreas de trabajo, acopio de materiales para evitar la dispersión de residuos y el desorden visual	SMRSME	Sin presencia de residuos visibles; registros fotográficos de orden visual	Quincenal durante construcción

Factor	Paisaje	Impacto ambiental / Clave	Alteración de la calidad visual (Pa1)		
	Operación y mantenimiento	Manejo adecuado de residuos operativos para evitar exposición visual y contaminación del paisaje	SMRSME	Áreas de residuos cerradas y limpias; inspecciones visuales sin evidencia de residuos a la vista	Mensual
	Construcción	Diseñar sistemas de iluminación exterior que minimicen la contaminación lumínica (luces direccionales, ámbar, baja intensidad, horarios controlados)	SMRF	Iluminación en zonas sensibles con cumplimiento de criterios	Única vez (verificación al cierre de obras)
Compensación	Operación y mantenimiento	Elaborar e implementar un plan de reforestación con especies nativas, priorizando aquellas con valor ecológico (ej. especies endémicas, especies con algún estatus de protección, especies clave).	SR	Plan de reforestación aprobado con paleta vegetal de especies nativas y cronograma de implementación Superficie priorizada definida	Única vez (programa de restauración). Reforestación: Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.
	Abandono	Desarrollar e implementar un programa de restauración ecológica, priorizando la recuperación de la vegetación nativa que contribuyan a la rápida integración paisajística del sitio	SR	Programa de restauración ecológica documentado. Superficie reforestada con tasa de supervivencia ≥80% a los 6 meses. Aparición de especies indicadoras de biodiversidad y salud del ecosistema	Única vez (programa de restauración). Reforestación: Bimestral (seguimiento durante dos años posterior a la reforestación) Monitoreo ecológico (especies indicadoras): Anual durante los primeros 3 años, luego bianual durante 4 años.

6.4.10. Dinámica económica

Factor	Dinámica económica	Impacto social / Clave	Incremento de la oferta de empleo (De1)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
	Todas las etapas	Desarrollar campañas informativas sobre empleos disponibles por etapa de desarrollo del proyecto	SDS	Cantidad de anuncios instalados y alcance en medios locales	Mensual
	Todas las etapas	Priorizar la contratación de la población residente para la fuerza de trabajo del proyecto	SDS	Cantidad de vacantes locales cubiertas por población residente	Mensual
	Todas las etapas	Garantizar condiciones de trabajo adecuadas (salario y horarios) a trabajadores	SDC	Porcentaje de empleados cubiertos por sistemas de protección social, desglosado por sexo	Semestral
	Operación y mantenimiento	Desarrollar programas y planes de formación para la población local en materia de turismo	SDS	Al menos dos capacitaciones/año realizadas en zonas de influencia	Semestral
	Abandono	Difundir a la comunidad información sobre cierre del proyecto y alternativas laborales	SDS	Evidencia de campañas informativas previas al abandono	Única vez

Factor	Dinámica económica	Impacto social / Clave	Incremento en la demanda de bienes y servicios (De2)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
	Todas las etapas	Priorizar la proveeduría de bienes y servicios con proveedores locales	SDS	% de proveedores del proyecto que son locales	Semestral
	Todas las etapas	Capacitación a trabajadores sobre consumo responsable de bienes y servicios locales	SCA	100% del personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Única vez por etapa (preparación, construcción, abandono) Anual (operación y mantenimiento)
	Operación y mantenimiento	Campañas informativas para visitantes y usuarios sobre el consumo consciente	SIEA	Alcance de las campañas. Porcentaje de población sensibilizada.	Semestral

Factor	Dinámica económica	Impacto social / Clave	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia (De3)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Mitigación	Operación y mantenimiento	Ejecutar programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la planta de ósmosis inversa para garantizar operación eficiente	PMIA	Bitácora técnica actualizada. Cero incidencias atribuibles a mal funcionamiento. Evidencia de mantenimientos realizados	Semestral
	Operación y mantenimiento	Monitorear calidad del agua marina en puntos de control cercanos a la zona de descargas del sistema de ósmosis inversa	SMAM	Reportes semestrales con resultados dentro de la normatividad	Semestral
	Operación y mantenimiento	Comunicación periódica a la comunidad sobre el desempeño ambiental de la planta y resultados del monitoreo marino	SIEA	Al menos 2 informes anuales difundidos; encuestas con >70% de percepción positiva sobre la transparencia	Semestral
Compensación	Operación y manteamiento	Ejecutar proyectos sociales compensatorios: educación ambiental, producción sostenible, infraestructura verde comunitaria	SDS	Al menos un proyecto ejecutado por año en zonas de influencia; indicadores de participación y beneficios ambientales	Anual

6.4.11. Demografía

Factor	Demografía	Impacto social / Clave	Incremento de la población permanente y flotante (D1)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Todas las etapas	Implementar un comité de prevención y manejo de contingencias de origen natural o antrópico	SPMC	Comité establecido (registro de bitácora)	Única vez (por etapa)
	Todas las etapas	Establecer un sistema de alerta temprana de fenómenos meteorológicos	SPMC	Sistema establecido (registro de bitácora)	Única vez para todas las etapas
	Todas las etapas	Contar con un protocolo de prevención y atención de accidentes y riesgos de trabajo	SSS	Protocolo documentado Personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Protocolo: Única vez (previo a inicio de actividades), revisiones anuales; Capacitación: Única vez (preparación, construcción y abandono); Semestral

Factor	Demografía	Impacto social / Clave	Incremento de la población permanente y flotante (D1)		
					(operación y mantenimiento)
	Todas las etapas	Contar con un protocolo de prevención y atención de riegos sanitarios	SSS	Protocolo documentado Personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Protocolo: Única vez (previo a inicio de actividades), revisiones anuales; Capacitación: Única vez (preparación, construcción y abandono); Semestral (operación y mantenimiento)
	Todas las etapas	Contar con un área específica para primeros auxilios en las áreas públicas	SSS	Área de primeros auxilios habilitada y operando	Única vez por etapa
Mitigación	Operación y mantenimiento	Desarrollar programas de capacitación ambiental dirigidos a la nueva población residente y flotante sobre conservación y uso racional de recursos naturales	SIEA	Al menos 1 programa de capacitación al año (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Anual
	Operación y mantenimiento	Mantener campañas de información continua sobre convivencia responsable, costumbres locales y sostenibilidad dirigida a población nueva	SDC	Al menos 1 campaña informativa al año (evidencia fotográfica)	Anual
	Operación y mantenimiento	Fomentar la integración de población nueva con la comunidad local a través de actividades sociales, culturales o ambientales	SDC	Al menos una 1 actividad comunitaria por año (evidencia fotográfica)	Anual
	Todas las etapas	Elaborar e implementar un protocolo de prevención y respuesta ante incendios, incluyendo capacitación del personal	SPMC	Protocolo documentado y vigente. Equipos de contención disponibles y personal capacitado (evidencia fotográfica y listas de asistencia). Al menos 1 simulacro realizado por etapa	Protocolo: Única vez (previo a inicio de actividades), revisiones anuales; Equipo de contención: Revisiones semestrales; Capacitación: Única vez (preparación, construcción y abandono); Semestral (operación y mantenimiento)
	Todas las etapas	Elaborar e implementar un protocolo de prevención y respuesta ante eventos naturales (huracanes, inundaciones, etc.), incluyendo capacitación del personal	SPMC	Protocolo documentado y vigente. Personal capacitado (evidencia fotográfica y listas de asistencia)	Protocolo: Única vez (previo a inicio de actividades), revisiones anuales; Capacitación: Única vez (preparación, construcción y abandono); Semestral (operación y mantenimiento)

Factor	Demografía	Impacto social / Clave	Cambio en los fenómenos de inmigración (D2)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Todas las etapas	Desarrollar e implementar protocolos de seguridad, convivencia e inclusión social para trabajadores inmigrantes y su interacción con la comunidad local	SSS	Protocolo documentado Personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Protocolo: Única vez (previo a inicio de actividades), revisiones anuales; Capacitación: Única vez (previo a etapa de construcción
	Todas las etapas	Establecer canales efectivos de comunicación comunitaria (mesas de diálogo, buzones, reuniones) para atender tensiones sociales derivadas de la inmigración	SDC	Funcionamiento continuo de al menos 1 mecanismo de participación; resolución documentada de >80% de conflictos	Semestral
Mitigación	Todas las etapas	Implementar programas de capacitación intercultural para trabajadores inmigrantes y población local	SDC	Al menos 1 capacitación intercultural por etapa para cada grupo (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Única vez (preparación y construcción); Anual (operación y mantenimiento)
	Operación y mantenimiento	Mantener campañas de sensibilización sobre diversidad cultural y cohesión social dirigidas a toda la población (local e inmigrante)	SDC	Una (1) campaña al año; encuestas comunitarias con percepción	Anual
	Operación y mantenimiento	Fomentar la integración de población nueva con la comunidad local a través de actividades sociales, culturales o ambientales	SDC	Al menos una 1 actividad comunitaria por año (evidencia fotográfica)	Anual

6.4.12. Movilidad

Factor	Movilidad	Impacto social / Clave	Aumento en el flujo vehicular (Mo1)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Operación y mantenimiento	Desarrollar programas de capacitación para residentes y visitantes sobre alternativas de movilidad sostenible (bicicleta, caminata, transporte público)	SIEA	Al menos 2 talleres/año implementados (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Semestral
Mitigación	Construcción y abandono	Establecer un programa de optimización de rutas y tiempos de operación para reducir emisiones número de viajes y evitar congestión en horas pico	SCGP	Programa de optimización de rutas documentado	Única vez (por etapa)
	Operación y mantenimiento	Implementar campañas sobre uso responsable del transporte público y opciones de viaje compartido	SCA	Al menos una campaña al año con materiales impresos y digitales	Anual

6.4.13. Infraestructura

Factor	Infraestructura	Impacto social / Clave	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales (Sp1)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Todas las etapas	Capacitar al personal sobre prácticas de ahorro de agua y energía en actividades diarias	SCA	100% del personal capacitado (registro de asistencia y contenidos, evidencia fotográfica)	Única vez por etapa (preparación, construcción, abandono) Anual (operación y mantenimiento)
Mitigación	Todas las etapas	Implementar programa integral de gestión de residuos sólidos con separación, reciclaje y minimización de disposición final	PMIR	Implementación de los subprogramas que conforman el PMIR	De acuerdo a lo establecido en cada uno de los subprogramas que conforman el PMIR
	Operación y mantenimiento	Implementar sistema eficiente de tratamiento de aguas residuales con reutilización para riego o usos no potables	SMRL	Efluente reutilizado ≥50% del total tratado	Trimestral

Factor	Infraestructura	Impacto social / Clave	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales (Sp1)		
	Operación y mantenimiento	Utilizar tecnologías y equipos energéticamente eficientes (LED, climatización eficiente, etc.)	SCGP	Reducción de ≥15% en consumo energético respecto a base proyectada sin medidas	Revisión anual de consumo energético
	Operación y mantenimiento	Monitorear consumo de agua y energía, generación y tratamiento de residuos y aguas residuales	PMIA/SCGP/SMRSME/SMRL	Reportes consolidados disponibles; identificación de tendencias y medidas correctivas aplicadas	Trimestral
	Operación y mantenimiento	Implementar campañas de concientización ambiental sobre uso eficiente de recursos (agua, energía) y gestión de residuos	SIEA	Al menos 2 campañas anuales con materiales impresos y digitales	Semestral
	Operación y mantenimiento	Implementar sistema de ósmosis inversa para cubrir necesidades de agua potable del proyecto y reducir presión sobre el acuífero	PMIA	Sistema operativo con eficiencia ≥90%; cero extracciones del acuífero	Monitoreo mensual
	Construcción	Implementación obligatoria para los desarrolladores futuros de los diferentes lotes de sistemas ahorradores de agua en sus instalaciones	PMIA	% de lotes desarrollados que cuentan con sistemas ahorradores de agua y funcionales	Única vez (verificación al cierre de obras)

6.4.14. Cultura

Factor	Cultura	Impacto social / Clave	Cambio en el patrón de uso de recursos (Cu1)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Mitigación	Operación y mantenimiento	Monitorear de manera continua la calidad de los recursos naturales asociados a prácticas tradicionales locales	SDC	Implementación de los subprogramas que conforman el PMA	De acuerdo a lo establecido en cada uno de los subprogramas que conforman el PMA
	Operación y mantenimiento	Mantener campañas de información continua sobre convivencia responsable, costumbres locales y sostenibilidad dirigida a población nueva	SDC	Al menos 1 campaña informativa al año (evidencia fotográfica)	Anual

Factor	Cultura	Impacto social / Clave	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico (Cu2)		
Tipo	**Etapa**	**Medida**	**Programa o subprograma del SGAS**	**Indicador de éxito**	**Frecuencia de seguimiento**
Prevención	Preparación y construcción	Capacitar al personal de obra sobre la identificación de vestigios arqueológicos y los protocolos establecidos por el INAH ante hallazgos fortuitos	SCA	100% del personal capacitado con listas de asistencia y evidencias fotográficas de la sesión	Única vez (previo al inicio de actividades)
	Preparación	Elaborar y aprobar un plan de contingencias específico para hallazgos arqueológicos, en coordinación con el INAH	SDC	Plan aprobado por la autoridad competente (INAH	Única vez (etapa de preparación)

6.5. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El Programa de Supervisión Ambiental (PSA) es un instrumento transversal de control y verificación diseñado para asegurar el cumplimiento de los compromisos ambientales establecidos en la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA-R), así como en la legislación y normatividad ambiental aplicable. Su función principal es supervisar de manera continua, sistemática y documentada la implementación de todas las medidas ambientales propuestas en los diferentes programas y subprogramas del proyecto, durante todas sus etapas: preparación, construcción, operación, mantenimiento y abandono.

El PSA permite identificar desviaciones, áreas de oportunidad y riesgos emergentes, brindando una base sólida para la mejora continua en la gestión ambiental. Asimismo, fortalece la transparencia del proyecto ante las autoridades y la sociedad, al establecer mecanismos internos de evaluación, seguimiento y ajuste de los compromisos asumidos.

Objetivo general

Verificar de forma permanente, técnica y documentada el cumplimiento de las obligaciones ambientales del proyecto, asegurando la correcta ejecución de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración, y promoviendo la mejora continua en el desempeño ambiental del desarrollo.

Objetivos particulares

- Supervisar la implementación efectiva de los programas y subprogramas ambientales previstos en el Sistema de Manejo y Gestión Sostenible del Proyecto, asegurando su coherencia con los compromisos establecidos en la MIA.
- Verificar el cumplimiento normativo en materia ambiental en los niveles federal, estatal y municipal, incluyendo permisos, condicionantes, normas oficiales mexicanas e instrumentos de ordenamiento ecológico aplicables.
- Establecer mecanismos de supervisión interna como auditorías ambientales, inspecciones de campo y revisión documental, que permitan identificar desviaciones y aplicar medidas correctivas en tiempo y forma.
- Fortalecer la trazabilidad y documentación ambiental, mediante el registro continuo de hallazgos, cumplimiento de metas, buenas prácticas, incidencias y reportes técnicos ante la autoridad ambiental.
- Fomentar la mejora continua mediante la evaluación periódica del desempeño ambiental del proyecto, con base en indicadores, y la actualización de procedimientos y medidas cuando sea necesario.
- Garantizar una comunicación efectiva entre los supervisores ambientales y los responsables de obra, operación y mantenimiento, asegurando la atención oportuna de hallazgos, recomendaciones y condicionantes oficiales.

Para llevar a cabo adecuadamente la supervisión ambiental durante todas las etapas del proyecto, se deberán establecer acuerdos específicos con el responsable durante la etapa que corresponda, de tal forma que se garantice el cumplimiento de las obligaciones ambientales. Dicho responsable será también la vía de comunicación mediante la cual se dará atención a los requerimientos de la supervisión ambiental que necesiten autorización oficial previa y/o la implementación de medidas ambientales adicionales a las establecidas en este SGAS.

6.6. SEGUIMIENTO Y CONTROL

El SGAS del proyecto debe evaluar periódicamente la efectividad y pertinencia de las acciones que constituyen cada uno de sus programas y adaptarlas, en caso necesario, a los contextos ambientales, legales, económicos o sociales del entorno.

a. **Ajustes de proyecto y procedimientos.** Cuando se detecten acciones del SGAS que antagonicen con otras o las obstaculicen, o que no sean eficaces ni oportunas, se procederá a evaluar si pueden ajustarse para mejorar su desempeño, sustituirse por otras más adecuadas o eliminarse. La detección de dichas acciones se llevará a cabo a través de la supervisión y vigilancia ambiental. Esto implicará el trabajo conjunto y permanente con el personal encargado del diseño del proyecto, desde la concepción de las ideas básicas para el desarrollo del mismo, hasta su operación. Por medio de la supervisión y vigilancia ambiental se creará un mecanismo de solicitud de cambios a las instancias pertinentes, que permita integrar los ajustes necesarios para lograr el menor impacto ambiental del proyecto.
b. **Sistema de base de datos.** Consistirá en un sistema central que regirá la organización, clasificación y administración de toda la información generada para cada uno de los programas contenidos en el SGAS. Con esta información se podrá coordinar eficientemente el resto de las acciones del SGAS en las diferentes etapas del proyecto, así como generar un banco de datos disponible para diversos fines en pro del desarrollo sustentable.
c. **Órgano de control interno ambienta.** En atención a la fracción III del Artículo 20 de la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, la supervisión ambiental formará parte del órgano de control interno dedicado a la verificación del cumplimiento de las obligaciones derivadas de las diversas leyes, licencias, autorizaciones, permisos o concesiones ambientales, así como un sistema interno de gestión y capacitación ambiental en funcionamiento permanente.

Indicadores

Los tipos de indicadores involucrados con el seguimiento y evaluación del presente PMAA, son enfocados a la cuantificación de la implementación de las medidas y sus resultados durante las diferentes etapas del proyecto.

El indicador de cumplimiento se refiere a las actividades desarrolladas que coadyuvan a un fin común, minimizar los impactos ambientales generados por la construcción, operación y mantenimiento y cierre del proyecto.

El presente indicador aplica para todas las medidas propuestas, reflejado por un “índice de cumplimiento”; la determinación del valor se realizará usando la siguiente fórmula:

$$iC = (n\ Aimp / nAT) X\ 100\%$$

Donde:

iC: Nivel de cumplimiento de la medida expresada en porcentaje
n Aimp: Número de acciones implementadas en el periodo de informe de la medida
nAT: Número de acciones totales señaladas en la lista de verificación

Interpretación de resultado:

iC> 80%, aceptable
iC< 80%, no aceptable (necesaria la ejecución de medidas correctivas)

Aun cuando en la presente MIA se realizó una minuciosa identificación de impactos, pudiera darse el caso que durante alguna supervisión o auditoría interna se llegue a identificar algún impacto adicional no previsto. Para ello, se tiene contemplado que durante las supervisiones y/o auditorías internas, se identifiquen los posibles nuevos impactos, elaborando un plan de acción en caso de que el impacto no se encuentre previsto.

Todos los impactos ambientales no previstos dentro de la MIA se registrarán y rastrearán a través del tiempo que duren las etapas del proyecto, se establecerá un plan de acción específico para cada uno de ellos y se registrará en un formato, en el cual se detallará el impacto ambiental identificado, el factor ambiental afectado, la actividad que lo generó, y la normatividad aplicable con la finalidad de aplicar un plan de acción que incluya responsables, acciones (actividades) y fechas de conclusión. Aunado a esto, se deberá verificar y dar seguimiento a las acciones tomadas y aplicadas para mitigar el impacto ambiental identificado. Todas las medidas de mitigación deberán estar documentadas y soportadas con anexos con la finalidad de evidenciar las actividades realizadas. Cabe mencionar que también se podrán identificar impactos ambientales derivados de visitas de inspección de las autoridades o bien de quejas de ciudadanos y/o comunidades adyacentes al proyecto.

Tabla 6. 33. Ficha de identificación de impactos no previstos y las medidas a aplicar.

Ficha de identificación de impactos no previstos	
Factor afectado	
Fase del proyecto donde se realiza la supervisión	
Impacto identificado	
Plan de acción (medidas propuestas)	
Puntos de verificación	
Referencia a instrumento normativo	

6.7. MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

El cambio climático constituye uno de los desafíos más complejos y multidimensionales de la actualidad, con implicaciones profundas para la integridad de los ecosistemas, la disponibilidad de recursos naturales y la capacidad de resiliencia de las comunidades humanas. Sus efectos se manifiestan de forma transversal, intensificando las presiones sobre los sistemas socioambientales, en particular en regiones costeras y áridas como Baja California Sur.

En este contexto, el presente apartado analiza cómo los programas y medidas que integran el Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad contribuyen de manera articulada tanto a la mitigación de emisiones como a la adaptación frente a los efectos del cambio climático. Estas acciones incluyen desde la conservación de cobertura vegetal y la protección de ecosistemas estratégicos, hasta el manejo eficiente de recursos hídricos, la restauración ambiental y el fomento de prácticas sostenibles.

Cada componente del SGAS ha sido formulado bajo principios de sostenibilidad, eficiencia ecológica y enfoque precautorio, asegurando su coherencia con los compromisos asumidos por México en materia de cambio climático, tales como los establecidos en la Ley General de Cambio Climático, así como en instrumentos internacionales como el Acuerdo de París y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Las acciones contempladas no solo están orientadas a prevenir o mitigar los posibles impactos ambientales del proyecto, sino que buscan también generar beneficios colaterales en los ámbitos ambiental, social y económico. Estos co-beneficios fortalecen las capacidades locales para enfrentar condiciones climáticas adversas, promover la regeneración de los ecosistemas y mejorar la calidad de vida de la población, en congruencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La sección que sigue expone, en primer término, la manera en que los subprogramas y medidas del SGAS se relacionan con los ejes de mitigación y adaptación al cambio climático, para posteriormente presentar su vinculación específica con los ODS más relevantes en el contexto del proyecto y su área de influencia.

Tabla 6. 34. Contribución del SGAS a la mitigación y adaptación del cambio climático.

Subprograma	Medida	Contribución de las medidas a la mitigación y adaptación al cambio climático
Manejo de Áreas de Conservación	Minimizar la remoción de cobertura vegetal durante la preparación del sitio, limitándola estrictamente a las áreas necesarias para la construcción	**Mitigación:** Una de las principales estrategias de mitigación implementadas es la minimización de la remoción de cobertura vegetal, limitando el cambio de uso de suelo exclusivamente a las áreas imprescindibles para la construcción. Esta acción evita la liberación de CO_2 almacenado en la biomasa y en los suelos, y conserva ecosistemas funcionales como sumideros de carbono. A esta medida se suma la delimitación, protección y manejo activo de zonas de conservación, lo que garantiza la continuidad de su función ecológica, incrementando su capacidad de captura de gases de efecto invernadero. La gestión de estas áreas se orienta explícitamente a mantener su integridad y maximizar su valor como reguladores climáticos naturales. Particularmente relevante es la creación de un Centro de Conservación y Manejo Sostenible de Manglares y Recursos Costeros, ya que los manglares, como ecosistemas de carbono azul, pueden almacenar hasta cinco veces más carbono que los bosques. Establecer un centro que fomente acciones encaminadas a su protección y conocimiento representa una acción de alta efectividad en la lucha contra el cambio climático a largo plazo. **Adaptación:** Las medidas propuestas también fortalecen la capacidad adaptativa del entorno y de la propia infraestructura del proyecto. A través de un levantamiento topográfico detallado, se asegura una localización estratégica de las estructuras, evitando zonas de alto riesgo ante inundaciones o deslizamientos, fenómenos intensificados por el cambio climático. La conservación de cobertura vegetal y zonas naturales mejora la infiltración del agua, reduce la escorrentía y amortigua temperaturas extremas, reforzando la resiliencia del microclima local y reduciendo la vulnerabilidad ante lluvias intensas. Asimismo, la planificación con enfoque de conectividad ecológica garantiza la movilidad de la fauna y el flujo genético, condiciones importantes para la adaptación de las especies ante un entorno climático cambiante. Esta integración del paisaje evita la fragmentación del hábitat y fortalece la funcionalidad ecológica del territorio. El control de especies invasoras complementa esta acción, asegurando la estabilidad y la salud de los ecosistemas nativos.
	Delimitar, señalizar y proteger las zonas de conservación para evitar actividades que impidan la infiltración o que puedan dañarlas	
	Realización de un levantamiento topográfico detallado del área del proyecto para identificar las elevaciones y pendientes existentes, y así planificar la ubicación de las estructuras minimizando las modificaciones al terreno natural	
	Contar con un protocolo para la Prevención de Introducción y Dispersión de Especies Exóticas Invasoras que incluya: Procedimientos de limpieza de maquinaria, control de fuentes de materiales y manejo de residuos para evitar la propagación de especies no nativas.	
	Planificar el proyecto considerando conectividad ecológica y permeabilidad del paisaje para evitar la fragmentación del hábitat	
	Desarrollar e implementar un programa de mantenimiento de zonas de conservación como sumideros de carbono, filtros de partículas y reguladores del microclima	
	Establecer un centro para la conservación y manejo sostenible del manglar y recurso costeros en coordinación con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	
Rescate y Manejo de Vivero	Realizar un inventario florístico para identificar especies nativas, endémicas y protegidas presentes en el área del proyecto	**Mitigación:** El primer paso, realizar un inventario florístico, es la base de una mitigación inteligente. Al identificar las especies nativas, se asegura que los futuros esfuerzos de revegetación se realicen con plantas que no solo sobrevivirán, sino que prosperarán en las condiciones locales, maximizando su capacidad de secuestrar dióxido de carbono (CO_2) a largo plazo. El programa de rescate y reubicación es una acción de mitigación directa. Cada planta, arbusto y árbol rescatado es un almacén de carbono que se salva de ser destruido. En lugar de que este carbono se libere a la atmósfera durante el cambio de uso de suelo, se conserva en el vivero para su futura reintroducción. El vivero, por tanto, funciona como un banco de carbono viviente. No solo preserva el carbono de
	Implementar un programa de rescate y reubicación de especies nativas, con énfasis en endémicas y protegidas, para conservación en vivero y posterior reintroducción	

Subprograma	Medida	Contribución de las medidas a la mitigación y adaptación al cambio climático
	Habilitar y operar un vivero y mantener especies rescatadas con condiciones adecuadas para su futura revegetación	las plantas rescatadas, sino que las propaga, multiplicando el potencial de captura de carbono para la revegetación futura. Finalmente, la medida de acopiar y reutilizar el suelo y la vegetación retirados es una práctica de economía circular aplicada a la mitigación. El suelo, especialmente su capa superficial orgánica, es uno de los reservorios de carbono más grandes del planeta. Al evitar su desecho y reutilizarlo, se mantiene ese carbono secuestrado en la tierra. Además, se evitan las emisiones asociadas a la producción y transporte de nuevo sustrato o fertilizantes. **Adaptación:** La adaptación al cambio climático implica preparar nuestros ecosistemas y comunidades para soportar sus impactos, como olas de calor más intensas, sequías prolongadas o lluvias torrenciales, fenómenos cada vez más relevantes. El inventario y rescate de especies nativas, y con énfasis en las endémicas y protegidas, es sumamente importante para la adaptación. Estas plantas han evolucionado durante muchos años para sobrevivir y prosperar en el clima local; albergan el conocimiento genético para resistir las condiciones específicas de la región. Al rescatarlas y reintroducirlas, se asegura la creación de áreas verdes y paisajes restaurados que son intrínsecamente resilientes y autosuficientes. El vivero se convierte en un motor para la adaptación. Permite cultivar plantas fuertes y sanas que, una vez reintroducidas, necesitarán menos recursos hídricos y mantenimiento, un factor clave en una zona con estrés hídrico. Estas áreas revegetadas con flora local proporcionan servicios ecosistémicos para la adaptación humana: regulan el microclima creando sombra y frescura, reducen el efecto de isla de calor en zonas urbanizadas, mejoran la calidad del aire y crean hábitats para la fauna local. La reutilización del suelo orgánico es quizás una de las contribuciones más importante a la adaptación. Un suelo sano y vivo tiene una capacidad mucho mayor para absorber y retener agua. Al usar este suelo acopiado en las nuevas áreas verdes, se crean jardines y paisajes que actúan como esponjas naturales, infiltrando el agua de lluvia y recargando los mantos acuíferos, a la vez que se previene la erosión. Esto resulta en un paisaje mucho más resistente a las sequías y a las inundaciones.
	El suelo y vegetación retirados de las zonas de aprovechamiento se acopiará para su uso en el vivero y áreas verdes	
Reforestación	Planificar la reforestación de áreas verdes preferentemente con especies nativas para que contribuya a: 1. Mantener la estabilización y permeabilidad del suelo 2. Favorecer la infiltración natural del agua, evitando la generación de escorrentía superficial excesiva 3. Mantener la protección contra la erosión hídrica y eólica, en áreas con pendientes o expuestas 4. Maximizar la provisión de servicios ambientales	**Mitigación:** La principal contribución de la reforestación a la mitigación del cambio climático es su capacidad para secuestrar dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera. Las acciones de reforestación y restauración ecológica lo establecen como un objetivo explícito al buscar compensar emisiones. Esto significa que las áreas reforestadas no son meramente decorativas, sino que están diseñadas para funcionar como sumideros de carbono activos y medibles. Al priorizar especies nativas, endémicas y con valor ecológico, se asegura la selección de plantas perfectamente adaptadas al clima y suelo de la región. Esto garantiza mayores tasas de supervivencia y crecimiento, lo que se traduce en una captura de carbono más eficiente y sostenida a lo largo del tiempo. **Adaptación:** Si bien la mitigación es un objetivo global, la adaptación es una necesidad local urgente, especialmente en una zona costera. Las acciones de reforestación y restauración ecológica se enfocan en recuperar las funciones hidrológicas y favorecer la infiltración natural del agua. Esto reduce la escorrentía superficial, disminuye el riesgo de inundaciones repentinas y contribuye a la recarga del acuífero. Simultáneamente, estas medidas previenen la erosión hídrica y eólica. La restauración florística, además, contribuye a recuperar hábitats para la fauna silvestre, manteniendo procesos ecológicos. Este enfoque ecosistémico mejora la capacidad adaptativa de la biodiversidad y refuerza la estabilidad ecológica ante perturbaciones climáticas. Además, los ecosistemas
	Usar exclusivamente plantas cuya legal procedencia haya sido verificada (labores de reforestación)	
	Elaborar e implementar un plan de reforestación con especies nativas, priorizando aquellas con valor ecológico (ej. especies endémicas, especies con algún estatus de protección, especies clave).	
	Desarrollar e implementar un programa de restauración ecológica, priorizando la recuperación de la vegetación	

Subprograma	Medida	Contribución de las medidas a la mitigación y adaptación al cambio climático
	nativa en áreas intervenidas para: 1. Compensar emisiones residuales 2. Recuperar las funciones hidrológicas 3. Recuperar la morfología, así como las propiedades físicas, químicas, biológicas del suelo 4. Recuperar la composición florística original 5. Recuperar el hábitat para especies de fauna 6. Recuperar los servicios ambientales	rehabilitados actúan como reguladores térmicos naturales, reduciendo el efecto de isla de calor y mejorando la calidad del aire.
	Elaborar e implementar un plan de reforestación de manglar	
Manejo de Áreas Verdes	Diseño paisajístico con vegetación nativa para apantallamiento visual e integración ecológica	El diseño del paisaje se basa en el uso de vegetación nativa para lograr una correcta integración ecológica y visual con el entorno. Las áreas verdes se planifican específicamente con especies adaptadas a las condiciones de la región para maximizar la provisión de servicios ecosistémicos. Estos servicios tienen un doble propósito climático. **Mitigación:** Las áreas verdes están proyectadas para funcionar como sumideros de carbono. La selección de flora local con tasas eficientes de crecimiento y biomasa permite la captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CO_2) atmosférico, contribuyendo a la reducción neta de gases de efecto invernadero. **Adaptación:** El diseño aborda varias vulnerabilidades climáticas locales como la regulación térmica, el ciclo hidrológico y soporte de la biodiversidad. Para asegurar la permanencia de estas funciones, el subprograma incluye la ejecución de un plan de mantenimiento específico para las áreas verdes. Este plan tiene como finalidad garantizar la salud y el desarrollo adecuado de la vegetación, de modo que los beneficios de mitigación y adaptación no solo se mantengan, sino que se incrementen a medida que el ecosistema madure. Adicionalmente, se establece un protocolo para el manejo de insumos. Este consiste en la supervisión del uso de agroquímicos, permitiendo únicamente aquellos que sean biodegradables, de baja toxicidad y que cuenten con la autorización de la autoridad competente (CICOPLAFEST). El objetivo de esta medida es prevenir la contaminación del suelo y de las fuentes de agua subterránea, protegiendo así la integridad del acuífero.
	Diseñar áreas verdes con especies nativas, adaptadas a las condiciones locales y para maximizar servicios ecosistémicos (hábitat de polinizadores, recarga hídrica, regulación térmica, control de escorrentía, sumideros de carbono)	
	Elaborar y ejecutar un plan de mantenimiento de áreas verdes	
	Supervisar el uso de agroquímicos biodegradables y de baja toxicidad autorizados por la CICOPLAFEST en áreas verdes del proyecto	
Manejo y Rescate de Fauna	Realizar un inventario faunístico para identificar la composición de especies nativas, endémicas y protegidas	**Mitigación:** La fauna silvestre cumple funciones ecológicas esenciales que mantienen operativos los sumideros naturales de carbono. Por ello, la protección de estos organismos representa una medida indirecta pero estratégica de mitigación. Mediante el inventario y rescate de especies clave —como aves y mamíferos dispersores de semillas o polinizadores— se garantiza la regeneración y expansión natural de la vegetación. A su vez, la reducción del ruido y la contaminación lumínica permite que estos organismos desempeñen sus funciones ecológicas sin perturbaciones. Un ecosistema que crece de manera saludable actúa como un sumidero de carbono más eficaz y robusto a largo plazo.
	Implementar un programa de rescate de fauna, con protocolos específicos por taxa y con énfasis en las especies endémicas y protegidas, asegurando su reubicación en sitios seguros	
	Implementar medidas para minimizar el ruido y las vibraciones, especialmente en horarios sensibles para la fauna (amanecer y atardecer)	

Subprograma	Medida	Contribución de las medidas a la mitigación y adaptación al cambio climático
	Diseñar sistemas de iluminación exterior que minimicen la contaminación lumínica (luces direccionales, ámbar, baja intensidad, horarios controlados)	**Adaptación:** La implementación de pasos de fauna constituye una medida clave de adaptación frente al cambio climático. Estas infraestructuras aseguran la conectividad del paisaje, evitando la fragmentación y permitiendo la migración, la diversidad genética y, con ello, la resiliencia de las poblaciones animales. Asimismo, el rescate de fauna preserva la capacidad de recuperación de los ecosistemas: tras fenómenos extremos como huracanes, los dispersores de semillas juegan un papel fundamental en la regeneración de las comunidades vegetales. Finalmente, al minimizar perturbaciones como el ruido, las vibraciones y la luz artificial, se reduce el estrés en la fauna, favoreciendo su salud y su resistencia frente a impactos climáticos indirectos, como la aparición de enfermedades o la escasez de recursos.
	Elaborar protocolo de actuación en caso de avistamiento o interacción con mamíferos marinos	
	Implementar pasos de fauna (ductos, canaletas) en zonas críticas para mantener conectividad	
Control de Fauna Nociva	Contar con un protocolo para la Prevención de Introducción y Dispersión de Especies Exóticas Invasoras que incluya: Procedimientos de limpieza de maquinaria, control de fuentes de materiales y manejo de residuos para evitar la propagación de especies no nativas.	**Adaptación:** La contribución más significativa de estos protocolos es el fortalecimiento de la adaptación. Los ecosistemas nativos han evolucionado durante milenios para ser resilientes a las condiciones locales, como huracanes, sequías estacionales y suelos pobres en nutrientes. Las especies exóticas invasoras son una de las principales amenazas para esta resiliencia natural. **Mitigación**: Los ecosistemas nativos, saludables y bien conservados son mucho más eficientes en esta tarea que aquellos degradados por invasiones biológicas. Cuando las especies exóticas invasoras se establecen, a menudo superan y desplazan a las especies nativas. Este desplazamiento puede alterar drásticamente la estructura del ecosistema y su capacidad para secuestrar carbono. Al prevenir la introducción de estas especies, se protege la capacidad inherente del ecosistema para funcionar como un sumidero de carbono eficaz y a largo plazo.
	Contar con un protocolo para el manejo de especies consideradas riesgosas	
Residuos Líquidos y Sanitarios	Implementar un sistema definitivo de tratamiento de aguas residuales que cumpla con la normatividad ambiental (PTAR)	**Mitigación:** Las aguas residuales mal gestionadas generan gases de efecto invernadero altamente potentes como metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), producto de procesos anaeróbicos. El proyecto prevé la instalación de una PTAR definitiva, que asegura condiciones de tratamiento controladas y eficientes, evitando así la generación de estos gases. Esta acción no solo cumple con la normativa, sino que representa una medida de mitigación climática efectiva. Adicionalmente, el aprovechamiento del agua tratada para el riego de áreas verdes sustituye el uso de agua potable, evitando así la demanda de extracción del acuífero y el consumo energético del sistema hídrico convencional. Esta estrategia de reutilización disminuye la huella de carbono del proyecto y contribuye al desarrollo de un modelo circular de baja emisión. **Adaptación:** Frente al aumento de sequías, la presión sobre los mantos acuíferos y el riesgo de intrusión salina —todo ello agravado por el cambio climático—, la reutilización de aguas tratadas se posiciona como una de las medidas más eficaces de adaptación. Garantiza un suministro alternativo, fiable y sostenible para usos no potables, disminuyendo la vulnerabilidad y huella hídrica del proyecto. Asimismo, el diseño contempla sistemas de contención temporales y definitivos que impiden cualquier descarga no controlada al subsuelo o al mar, y el manejo responsable de lodos y residuos líquidos a través de gestores autorizados. Esto protege tanto la calidad del acuífero como la salud de los ecosistemas marino-costeros, reforzando así la resiliencia física del territorio costero.
	Instalar sistemas temporales de tratamiento de aguas residuales (ej. baños portátiles, a razón de uno por cada diez trabajadores, con gestión segura de residuos)	
	Instalar y operar sistemas de contención temporal para residuos líquidos conforme a la normatividad	
	Entregar residuos a empresas autorizadas para reciclaje o disposición final	
	Implementar sistema eficiente de tratamiento de aguas residuales con reutilización para riego o usos no potables	

Subprograma	Medida	Contribución de las medidas a la mitigación y adaptación al cambio climático
Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial	Almacenar materiales alejados de zonas con pendientes pronunciadas o susceptibles a la erosión	**Mitigación:** La medida más significativa en este sentido es el manejo de residuos orgánicos mediante compostaje. El compostaje, es un proceso aeróbico (con oxígeno) que no produce metano. Por lo tanto, al desviar los residuos orgánicos de los vertederos para convertirlos en composta, se está eliminando una de las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a los residuos. El programa de manejo basado en la reducción, reutilización y reciclaje ataca las emisiones desde otro ángulo: el del ciclo de vida de los productos. Al reducir el consumo y reutilizar materiales, se evita la energía y las emisiones asociadas a la fabricación de nuevos productos. El reciclaje de materiales como plástico, vidrio o metales requiere mucha menos energía que la extracción y procesamiento de materias primas vírgenes, lo que se traduce en una huella de carbono considerablemente menor. Adicionalmente, la disposición de los residuos no reciclables en un relleno sanitario autorizado asegura que el impacto de los desechos inevitables sea el menor posible. **Adaptación:** El uso de la composta generada a partir de los residuos orgánicos en las áreas verdes del proyecto es una medida de adaptación. La composta mejora drásticamente la estructura del suelo, aumentando su capacidad para retener agua. Esto crea paisajes mucho más resilientes a la sequía, ya que se reduce la necesidad de riego, un factor clave en una región con estrés hídrico. Al mismo tiempo, un suelo sano y poroso puede absorber mayores cantidades de agua durante lluvias, lo que ayuda a reducir la escorrentía superficial y el riesgo de inundaciones locales. El establecimiento de un área de acopio temporal y la correcta disposición final de los residuos también son importante para la adaptación. Un manejo adecuado evita que los residuos terminen en lugares indebidos, donde podrían obstruir sistemas de drenaje y agravar las inundaciones durante eventos de lluvia. Asimismo, previene la contaminación del suelo y del acuífero, protegiendo la calidad de los recursos hídricos. Al evitar la contaminación de ecosistemas costeros, se preserva su capacidad para actuar como barreras naturales de protección.
	Separar adecuadamente residuos para su reciclaje o disposición, en contenedores rotulados y estratégicamente ubicados	
	Instalar y operar sistemas de contención temporal conforme a la normatividad para residuos sólidos y de manejo especial	
	Entregar residuos a empresas autorizadas para reciclaje o disposición final	
	Manejo ordenado y limpieza continua de las áreas de trabajo, acopio de materiales para evitar la dispersión de residuos y el desorden visual	
	Manejo adecuado de residuos operativos para evitar exposición visual y contaminación del paisaje	
	Implementar programa integral de gestión de residuos sólidos con separación, reciclaje y minimización de disposición final	
	Monitorear la generación y tratamiento de residuos	
Residuos Peligrosos	Separar adecuadamente residuos para su reciclaje o disposición, en contenedores rotulados y estratégicamente ubicados	**Adaptación:** La contribución más significativa de estas medidas se centra en la adaptación a través de la prevención de riesgos. Las medidas de separación adecuada, instalación de sistemas de contención y mantenimiento preventivo crean un sistema de defensa para prevenir derrames y fugas. Un solo derrame de combustibles, aceites o solventes podría infiltrarse rápidamente a través del suelo y contaminar de manera irreversible el acuífero. En un escenario de cambio climático donde se prevé un mayor estrés hídrico y posibles sequías, proteger la calidad de la fuente de agua dulce es una medida de adaptación de máxima prioridad. Asimismo, un sistema de contención diseñado conforme a la normatividad está preparado para evitar cualquier posible contaminación a ecosistemas y biodiversidad. **Mitigación:** Si bien el enfoque principal es la adaptación, estas medidas también contribuyen a la mitigación del cambio climático. Los ecosistemas saludables son eficientes sumideros de carbono. La contaminación por residuos peligrosos puede envenenar estos ecosistemas, matando la vegetación y la vida en el suelo, lo que detendría su capacidad de secuestrar carbono e incluso podría provocar la liberación del carbono ya almacenado. Por lo tanto, al prevenir la contaminación, se asegura que estos sumideros sigan funcionando de manera óptima. Además, al entregar los
	Instalar y operar sistemas de contención temporal conforme a la normatividad para residuos peligrosos y combustibles	
	Mantenimiento preventivo a áreas de almacenamiento de residuos peligrosos	
	Entregar residuos a empresas autorizadas para reciclaje o disposición final	

Subprograma	Medida	Contribución de las medidas a la mitigación y adaptación al cambio climático
		residuos a empresas autorizadas para su reciclaje o disposición final, se apoya una economía circular. Muchas de estas empresas cuentan con tecnologías para recuperar energía de ciertos residuos (como los aceites usados) o para reciclar solventes, procesos que son mucho menos intensivos en energía y emisiones que la producción de estos materiales desde cero.
Control de Gases y Polvos	Implementar un programa de mantenimiento preventivo para maquinaria, equipos y vehículos para minimizar emisiones Establecer un programa de optimización de rutas y tiempos de operación para reducir emisiones Aplicar un programa de verificación vehicular para unidades operativas Humedecer periódicamente las áreas de trabajo expuestas para evitar la resuspensión de partículas Cubrir adecuadamente los materiales de construcción durante el almacenamiento y transporte Priorizar el uso de maquinaria con certificación de bajas emisiones Instalar barreras rompevientos naturales o artificiales en zonas expuestas a dispersión de partículas Ejecutar un programa de mantenimiento periódico en caminos y zonas de tránsito vehicular para evitar generación de polvo y acumulación de residuos Utilizar tecnologías y equipos energéticamente eficientes (LED, climatización eficiente, etc.) Monitorear consumo de energía	**Mitigación:** La mayoría de estas medidas están diseñadas para reducir las emisiones de GEI, principalmente el dióxido de carbono (CO_2), que se generan por el consumo de combustibles y electricidad. El primer frente de acción es el control de emisiones de fuentes móviles (maquinaria y vehículos). La implementación de un programa de mantenimiento preventivo y la verificación vehicular aseguran que los motores operen con la máxima eficiencia, quemando combustible de manera más limpia y completa, lo que reduce las emisiones de CO_2 por hora de trabajo. A esto se suma la optimización de rutas y tiempos, una medida logística que minimiza las distancias recorridas y el tiempo en ralentí, resultando en un ahorro directo de combustible y una menor emisión de gases. La decisión de priorizar maquinaria con certificación de bajas emisiones es una acción proactiva que incorpora tecnología moderna diseñada específicamente para ser más eficiente y menos contaminante. El segundo frente es el control de emisiones de fuentes fijas, enfocado en la eficiencia energética. La utilización de tecnologías como la iluminación LED y sistemas de climatización eficiente reduce drásticamente el consumo de electricidad. Dado que la generación eléctrica en la red nacional aún depende en parte de combustibles fósiles, cada kilowatt-hora ahorrado se traduce en una reducción de las emisiones de CO_2 en las centrales eléctricas. El monitoreo del consumo de energía complementa esta acción, permitiendo una gestión basada en datos para identificar y corregir ineficiencias de manera continua. **Adaptación:** Si bien el control de polvos y partículas se enfoca en la calidad del aire, tiene un importante aporte indirecto a la capacidad de adaptación de los ecosistemas locales. Las medidas como humedecer periódicamente las áreas de trabajo, cubrir materiales y mantener los caminos están diseñadas para evitar la resuspensión de polvo. Este polvo, si se dispersa sin control, puede depositarse sobre la vegetación, reduciendo su capacidad de fotosíntesis y estresándola. Proteger los ecosistemas de este estrés adicional los hace más resilientes a los impactos directos del cambio climático. Adicionalmente, la acción de instalar barreras rompevientos funciona como una medida de adaptación directa al reducir la erosión del suelo por el viento y proteger áreas sensibles, contribuyendo a la mitigación de efectos adversos sobre las fuentes de carbono ya establecidas.
Control de Ruido	Realizar mantenimiento preventivo a maquinaria y equipo para evitar niveles de ruido excesivos Utilizar maquinaria equipada con sistemas de control de ruido (silenciadores, aislamiento acústico, etc.) Implementar aislamiento acústico a equipamiento u otras fuentes de ruido continuo Instalar barreras acústicas temporales en torno a las fuentes de mayor emisión de ruido, especialmente en áreas sensibles Establecer y hacer cumplir un horario exclusivo de operación diurno (evitando horas de descanso)	**Mitigación:** La capacidad de la vegetación para mitigar el cambio climático depende de su salud y su habilidad para crecer y secuestrar dióxido de carbono (CO_2). La fauna juega un rol indispensable en estos procesos, y el ruido excesivo puede interrumpirlo. El conjunto de medidas, que incluye desde el mantenimiento preventivo de maquinaria y el uso de equipos con silenciadores hasta la instalación de barreras acústicas y el respeto de horarios diurnos, crea un ambiente acústico menos hostil. Por lo tanto, al controlar el ruido, se está protegiendo a los ingenieros del ecosistema, asegurando que las comunidades vegetales puedan mantener su máxima capacidad para secuestrar carbono y contribuir a la mitigación del cambio climático. **Adaptación:** La contaminación acústica es un factor de estrés para la fauna. Al implementar un programa integral de control de ruido, se reduce este factor de estrés. Esto ayuda a mantener

Subprograma	Medida	Contribución de las medidas a la mitigación y adaptación al cambio climático
	Realizar monitoreos periódicos de niveles sonoros conforme a la normatividad	poblaciones de fauna más saludables. Estas poblaciones saludables son un componente vital de un ecosistema resiliente. Un ecosistema con una red trófica completa y funcional puede autorregularse y recuperarse más rápidamente después de una perturbación. En esencia, controlar el ruido es una forma de invertir en la salud general del entorno natural, lo que aumenta su capacidad intrínseca para adaptarse a los desafíos que presenta un clima cambiante.
Manejo Integral del Agua	Evaluación ecohidrológica para identificar interacción entre aguas subterráneas y el manglar	**Adaptación:** La principal fortaleza de este programa es su enfoque en la adaptación a un futuro con mayor incertidumbre hídrica. Las medidas se pueden agrupar en dos grandes frentes de acción: 1. Garantizar el suministro y reducir la presión sobre el acuífero. La medida más estratégica para la adaptación es la implementación de un sistema de ósmosis inversa (desalinización) para cubrir las necesidades de agua potable. Esto crea una fuente de agua completamente nueva e independiente del clima, que no depende de los patrones de lluvia para la recarga del acuífero. Esta diversificación es la máxima salvaguarda contra sequías prolongadas y reduce drásticamente la presión de extracción sobre el acuífero, ayudando a prevenir la intrusión de agua salina. Los estudios de línea base, el diseño óptimo de los difusores de salmuera y el mantenimiento constante de la planta aseguran que esta solución se implemente de la manera más sostenible posible. Complementariamente, la implementación obligatoria de sistemas ahorradores de agua y el mantenimiento de redes para evitar fugas atacan el problema desde el lado de la demanda. Al minimizar el consumo y el desperdicio, se reduce aún más la necesidad de producir o extraer agua, fortaleciendo la seguridad hídrica general del proyecto. 2. Gestionar las lluvias extremas y aprovechar el agua pluvial. El cambio climático también significa lluvias más intensas y concentradas. Este programa transforma el agua de lluvia de un riesgo de inundación a un recurso valioso. El diseño de sistemas de drenaje pluvial que favorecen la infiltración, el uso de materiales permeables en vialidades, estacionamientos, senderos y áreas de aprovechamiento sin edificación y la colocación de pasos de agua son medidas de adaptación directas. En lugar de que el agua se acumule y genere escorrentías que causan erosión e inundaciones, estas técnicas permiten que el agua se infiltre lentamente en el subsuelo. Esto tiene un doble beneficio adaptativo: mitiga el riesgo de inundaciones durante fenómenos hidrometeorológicos y, a la vez, recarga activamente el acuífero, aumentando las reservas de agua dulce. La instalación de cunetas para tratar la escorrentía de las vialidades asegura que el agua que se infiltra esté más limpia, protegiendo la calidad del acuífero. **Mitigación:** Aunque el enfoque principal es la adaptación, varias de estas medidas tienen importantes co-beneficios de mitigación al reducir el consumo de energía. El tratamiento y bombeo de agua es un proceso intensivo en energía. Cada litro de agua que se ahorra a través de dispositivos eficientes o la reparación de una fuga es energía que no se consume y, por lo tanto, emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que no se generan. El monitoreo constante del consumo de agua y energía permite una gestión eficiente para mantener la huella de carbono lo más baja posible. Si bien la desalinización es un proceso que consume energía, su implementación bajo un esquema de máxima eficiencia (garantizada por el mantenimiento preventivo y correctivo) busca minimizar su impacto. Este impacto se ve compensado por los enormes beneficios en resiliencia y
	Realizar estudios de línea base sobre la disponibilidad de agua y recarga del acuífero	
	Identificación y mapeo detallado de los patrones de drenaje superficial existentes para evitar su obstrucción o alteración por las actividades del proyecto	
	Diseño del proyecto que respete el escurrimiento superficial natural	
	Realizar estudios de línea base sobre calidad del agua marina	
	Implementar zanjas de desviación, diques o barreras naturales para el control de escorrentía y evitar erosión superficial	
	Implementar un programa de mantenimiento de redes hidráulicas para evitar fugas	
	Implementar un programa regular de mantenimiento de la PTAR	
	Monitoreo de calidad del efluente de la PTAR (parámetros fisicoquímicos y microbiológicos)	
	Planificación del manejo de efluentes del sistema de ósmosis inversa con diseño óptimo de descarga (difusores, ubicación y profundidad)	
	Implementar sistema de ósmosis inversa para cubrir necesidades de agua potable del proyecto y reducir presión sobre el acuífero	
	Instalar y operar un sistema de tratamiento de agua mediante ósmosis inversa que cumpla con la normatividad y que cuente con monitoreo continuo del volumen extraído y retornado	
	Monitorear turbidez y sólidos suspendidos en áreas de toma y descarga durante instalación del sistema de ósmosis inversa	
	Ejecutar programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la planta de ósmosis inversa para garantizar operación eficiente	
	Monitorear las descargas del sistema de ósmosis inversa	

Subprograma	Medida	Contribución de las medidas a la mitigación y adaptación al cambio climático
	Usar materiales permeables en vialidades, estacionamientos, senderos y áreas de aprovechamiento sin edificación	por el ahorro energético que se logra en otras áreas del ciclo del agua, como la drástica reducción en la extracción de agua subterránea.
	Diseño y mantenimiento de sistemas de drenaje pluvial para: 1. Favorecer la infiltración en áreas de recarga, utilizando técnicas de biofiltración y retención de sedimentos 2. Asegurar que no se generen flujos concentrados que puedan causar erosión y alteración de la estructura del suelo El sistema de drenaje pluvial deberá estar separado del drenaje sanitario	
	Monitorear consumo de agua y generación de aguas residuales	
	Colocación de pasos de agua en vialidades y otras áreas necesarias para mantener la continuidad del flujo hidrológico de acuerdo a los escurrimientos naturales que existen en la zona del proyecto	
	Instalar cuneta en las vialidades para minimizar efectos de contaminación en las escorrentías.	
	Implementación obligatoria para los desarrolladores futuros de los diferentes lotes de sistemas ahorradores de agua en sus instalaciones	
Monitoreo Calidad de Agua	Monitoreo de calidad del agua subterránea (parámetros fisicoquímicos y microbiológicos)	**Adaptación:** La principal contribución del programa de monitoreo ambiental con sus diferentes subprogramas es el fortalecimiento de la capacidad de adaptación del proyecto y de la región. Lo logra de varias maneras interconectadas, creando un panorama completo de la salud del entorno. 1. El monitoreo de la calidad del agua subterránea, de la vegetación terrestre y de la fauna establece la línea base de la salud de los sistemas continentales. Permite detectar amenazas que debilitan la resiliencia, como la contaminación del acuífero o la introducción de especies exóticas invasoras, que pueden desplazar a la flora y fauna nativas que están adaptadas a las condiciones locales y son más resistentes a las perturbaciones. 2. El monitoreo enfocado en el manglar es, en efecto, una evaluación continua de la infraestructura natural que protege la región. Al monitorear su cobertura, regeneración, salud y composición, se está midiendo directamente la eficacia de este escudo natural. Si el monitoreo detecta una degradación, es una alerta temprana de que la vulnerabilidad del área está aumentando, lo que permite tomar acciones correctivas. 3. El monitoreo de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton, peces), bentónica y de la
Monitoreo de Vegetación	Monitorear la vegetación para detectar la introducción de especies exóticas invasoras y evaluar salud de las poblaciones nativas, incluyendo especies en categoría de protección	
Monitoreo de Fauna	Monitorear la fauna para detectar la introducción de especies exóticas invasoras y evaluar salud de las poblaciones nativas, incluyendo especies en categoría de protección	
Monitoreo de Calidad de Agua Marina	Monitorear calidad del agua marina en puntos de control cercanos a la zona de descargas del sistema de ósmosis inversa	
Monitoreo de comunidad pelágica (fitoplancton,	Realizar estudios de línea base sobre la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton, ictiofauna) en zona de influencia de la toma y descarga del sistema de ósmosis inversa	

Subprograma	Medida	Contribución de las medidas a la mitigación y adaptación al cambio climático
zooplancton e ictiofauna)	Implementar monitoreo de la comunidad pelágica en zonas de influencia (succión y descarga) de la planta de ósmosis inversa	calidad del agua marina puede revelar los primeros signos de un impacto. La vigilancia específica en las zonas de influencia de la planta de ósmosis inversa es sumamente importante para asegura que esta solución de adaptación no cause un impacto negativo no deseado en el ecosistema marino, garantizando un equilibrio sostenible. **Mitigación:** Si bien la adaptación es el foco principal del monitoreo, su rol en la mitigación es igualmente importante. Los manglares son ecosistemas de carbono azul, reconocidos mundialmente por su extraordinaria capacidad para capturar y almacenar carbono de la atmósfera. Al monitorear la salud, cobertura y productividad del manglar, el proyecto está evaluando directamente el estado de uno de los activos de mitigación más importante. Un manglar sano es un sumidero de carbono en pleno funcionamiento. De manera complementaria, el monitoreo de la vegetación terrestre y de la salud de las comunidades marinas (bentónicas, pelágicas y mamíferos marinos) también contribuye a la mitigación. Un océano con una red trófica funcional son sistemas que secuestran carbono de manera eficiente. La información obtenida a través del monitoreo permite tomar acciones para proteger la salud de estos sistemas, salvaguardando así su contribución a la mitigación global del cambio climático. Este programa de monitoreo integral teje una red de información que abarca desde el acuífero hasta el mar abierto. Es la herramienta que permite pasar de una gestión ambiental reactiva a una proactiva y predictiva, asegurando que las estrategias de adaptación sean eficaces y sostenibles, y que la capacidad de los ecosistemas para la mitigación no solo se conserve, sino que se proteja y potencie a largo plazo.
Monitoreo de comunidad bentónica	Realizar estudios de línea base sobre la comunidad bentónica en área de influencia de la descarga del sistema de ósmosis inversa	
	Implementar monitoreo de la comunidad bentónica en la zona de descarga de la planta de ósmosis inversa para detectar posibles alteraciones en composición, abundancia, diversidad o salud como resultado de la descarga del efluente	
Monitoreo de mamíferos marinos	Monitorear presencia, comportamiento y estado de salud de mamíferos marinos en el área de influencia de la zona de descarga del sistema de ósmosis inversa	
Monitoreo del Manglar	Estudio de línea base del ecosistema de manglar	
	Monitoreo de salud del manglar: cobertura, regeneración, productividad	
Capacitación Ambiental	Capacitar al personal sobre fuentes de emisión y técnicas de control de contaminantes atmosféricos	Este subprograma es el componente que traduce la estrategia climática del proyecto de la teoría a la práctica diaria, asegurando que cada colaborador, contratista y usuario del proyecto, comprenda su rol y tenga el conocimiento para actuar de manera responsable. Su contribución a la mitigación y adaptación es, por tanto, la de ser un multiplicador de fuerza que activa y garantiza el éxito de todas las demás medidas físicas y tecnológicas. **Mitigación:** Varias capacitaciones están diseñadas para reducir de manera directa y sistemática la huella de carbono del proyecto a través de la modificación de conductas y la optimización de operaciones. La capacitación al personal sobre prácticas de ahorro de agua y energía es una de las acciones de mitigación más directas. Empodera a los empleados para que utilicen de manera eficiente los recursos en sus actividades diarias, desde apagar luces innecesarias hasta operar equipos de climatización de forma óptima. Esto se traduce en una reducción del consumo de electricidad y, por ende, de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a su generación. De igual manera, la capacitación sobre fuentes de emisión, técnicas de control de contaminantes atmosféricos y mantenimiento de maquinaria asegura que los operadores de vehículos y equipos pesados comprendan cómo su trabajo impacta las emisiones. Un operador capacitado puede reducir el consumo de combustible y las emisiones de CO_2 mediante una operación más suave y evitando el ralentí innecesario. El subprograma va más allá de las fronteras del proyecto al implementar campañas sobre el uso responsable del transporte público y viaje compartido. Esta medida busca influir en el comportamiento de empleados y visitantes, abordando
	Capacitar al personal en el control de dispersión de partículas y sus efectos en la salud y el ambiente	
	Capacitar al personal en prácticas para minimizar la generación de ruido durante sus actividades	
	Capacitar al personal sobre prácticas que minimicen el riesgo de infiltración de contaminantes al subsuelo	
	Capacitación al personal en prácticas que minimicen riesgos de contaminación al suelo	
	Capacitar al personal sobre identificación de especies nativas/endémicas/protegidas y control de exóticas invasoras (flora y fauna)	
	Capacitar al personal sobre la conducta adecuada ante encuentros con fauna y su importancia ecológica	
	Desarrollar e implementar un programa de sensibilización ambiental para huéspedes y residentes sobre fauna local y prácticas responsables	
	Capacitar al personal de construcción sobre los impactos de la fragmentación del hábitat, la importancia de	

Subprograma	Medida	Contribución de las medidas a la mitigación y adaptación al cambio climático
	mantener la conectividad ecológica y los protocolos para evitar daños a la vegetación y la fauna durante las actividades de obra	las emisiones del sector transporte, que es una de las principales fuentes de GEI. La capacitación a trabajadores sobre el consumo responsable de bienes y servicios locales también apoya la mitigación al fomentar cadenas de suministro más cortas, reduciendo las emisiones asociadas al transporte de mercancías. **Adaptación:** La adaptación al cambio climático depende críticamente de la salud y la integridad de sus ecosistemas naturales. Este subprograma de capacitación convierte a todo el personal en una primera línea de defensa para proteger estos vitales sistemas. La capacitación para minimizar los riesgos de contaminación al suelo y al subsuelo es fundamental para la adaptación. Enseña a los trabajadores las prácticas correctas para manejar sustancias y residuos, previniendo derrames que podrían contaminar el acuífero. Proteger las fuentes de agua dulce de la región es una medida de adaptación para garantizar la seguridad hídrica. La capacitación sobre la identificación de especies nativas/endémicas y el control de exóticas invasoras, así como la conducta adecuada ante encuentros con fauna, transforma al personal en custodios de la biodiversidad. Un empleado que puede reconocer y reportar una planta invasora ayuda a prevenir una infestación que podría degradar la resiliencia del ecosistema. Un trabajador que sabe cómo evitar perturbar a la fauna o sus hábitats está ayudando a mantener la salud del ecosistema. La capacitación específica sobre los impactos de la fragmentación del hábitat refuerza la importancia de mantener los corredores biológicos. El programa de sensibilización para huéspedes y residentes amplía este efecto, educando a los visitantes sobre la importancia de las prácticas responsables y su papel en la conservación del destino que han venido a disfrutar. Esto fomenta un turismo más consciente y alineado con la resiliencia del ecosistema.
	Capacitación del personal sobre conservación marina y cumplimiento de normas ambientales	
	Capacitar al personal sobre prácticas de ahorro de agua y energía en actividades diarias	
	Capacitar al personal de obra sobre la identificación de vestigios arqueológicos y los protocolos establecidos por el INAH ante hallazgos fortuitos	
	Capacitar al personal de obra sobre la identificación de vestigios arqueológicos y los protocolos establecidos por el INAH ante hallazgos fortuitos	
	Implementar campañas sobre uso responsable del transporte público y opciones de viaje compartido	
	Capacitación a trabajadores sobre consumo responsable de bienes y servicios locales	
Información y Educación Ambiental	Informar oportunamente a comunidades vecinas sobre actividades y horarios con potencial generación de ruido	**Mitigación:** Las campañas de concientización sobre el uso eficiente de recursos (agua, energía) y la correcta gestión de residuos están dirigidas a todos los usuarios, incluyendo la población residente y la flotante (turistas). En un destino como Baja California Sur, donde el consumo de energía para climatización y el uso de agua son intensivos, cada kilowatt-hora y cada litro de agua ahorrado por miles de personas se suma a una reducción masiva de la huella de carbono e hídrica regional. Educar a los visitantes sobre el consumo consciente y la gestión de sus residuos tiene un efecto multiplicador que reduce las emisiones asociadas a la operación turística en su conjunto. De igual manera, los programas de capacitación sobre alternativas de movilidad sostenible (bicicleta, caminata, transporte público) atacan directamente una de las principales fuentes de gases de efecto invernadero (GEI): el transporte. Al fomentar un cambio del uso del vehículo privado hacia opciones de menor impacto, se contribuye a una reducción significativa de las emisiones de CO_2 a nivel local y regional. **Adaptación:** La adaptación al cambio climático no es solo una cuestión de infraestructura física, sino también de cohesión social y de una valoración colectiva de los ecosistemas que nos protegen. Este subprograma fortalece ambos aspectos. La comunicación periódica a la comunidad sobre el desempeño ambiental y la información sobre actividades con potencial de ruido construyen una relación de confianza y transparencia. Por otro lado, los programas de capacitación ambiental sobre la conservación y el uso racional de los recursos naturales educan a residentes y visitantes sobre por qué es vital proteger los ecosistemas. Cuando la gente entiende que la naturaleza es la mejor defensa natural contra el fenómeno climático, se convierten en defensores activos de su
	Comunicación periódica a la comunidad sobre el desempeño ambiental de la planta y resultados del monitoreo marino	
	Desarrollar programas de capacitación ambiental dirigidos a la nueva población residente y flotante sobre conservación y uso racional de recursos naturales	
	Desarrollar programas de capacitación para residentes y visitantes sobre alternativas de movilidad sostenible (bicicleta, caminata, transporte público)	
	Implementar campañas de concientización ambiental sobre uso eficiente de recursos (agua, energía) y gestión de residuos	
	Campañas informativas para visitantes y usuarios sobre el consumo consciente	

Subprograma	Medida	Contribución de las medidas a la mitigación y adaptación al cambio climático
		conservación. El programa, por tanto, no solo informa, sino que crea una red de custodios del capital natural que es la base de la resiliencia de la región.
Imagen y Señalización Ambiental	Colocar señalizaciones que indiquen los procedimientos y áreas adecuadas para la gestión de residuos	**Adaptación:** Una de las acciones más importantes es la delimitación clara de las áreas de trabajo y la restricción del acceso de maquinaria pesada. Esta medida, comunicada a través de señalización, previene la compactación innecesaria del suelo y vegetación. La señalización que delimita los límites del manglar y restringe el acceso es otra medida de adaptación de vital importancia. Los manglares son la barrera natural más eficaz de la región contra eventos hidrometeorológicos. Una señal clara que prohíbe el paso protege físicamente esta infraestructura natural crítica de daños. De igual forma, la señalización para reducir la velocidad con el fin de prevenir atropellamientos de fauna y la señalética educativa sobre especies protegidas ayudan a mantener la integridad de la biodiversidad local. Un ecosistema biodiverso y completo es inherentemente más resiliente a las perturbaciones climáticas. Finalmente, la señalización para reducir la velocidad y disminuir la emisión de polvo contribuye a la adaptación al proteger la salud de ecosistemas sensibles cercanos. **Mitigación:** Las señalizaciones que orienta sobre la correcta separación de residuos sólidos —orgánicos, reciclables y no reciclables— son importantes para asegurar el éxito de los programas de reciclaje y compostaje. Su implementación previene la contaminación cruzada de materiales, garantiza el aprovechamiento de los residuos orgánicos como composta (evitando la generación de metano en rellenos sanitarios) y permite el reciclaje eficiente de materiales, evitando las emisiones derivadas de la producción de insumos vírgenes. Aunque el objetivo principal de la reducción de velocidad mencionado es controlar el polvo y proteger a la fauna, un manejo a velocidades más constantes y moderadas también puede contribuir a un consumo de combustible más eficiente, ofreciendo un co-beneficio de mitigación.
	Delimitar claramente las áreas de trabajo y restringir el acceso de maquinaria pesada a zonas no autorizadas para evitar compactación innecesaria	
	Colocar señalización informativa sobre fauna local y buenas prácticas para evitar la alteración de sus pautas de comportamiento	
	Señalización de zonas de trabajo durante instalación del sistema de ósmosis inversa	
	Establecer rutas definidas para el tráfico vehicular y peatonal	
	Colocar señalización para la reducción de velocidad en caminos internos con el fin de disminuir emisiones de polvo	
	Instalar señalética educativa sobre especies protegidas (flora y fauna)	
	Instalar señalización de reducción de velocidad para prevenir atropellamientos y disturbios en caminos internos	
	Señalización de límites del manglar y restricción de acceso no autorizado	
Salud y Seguridad	Desarrollar e implementar protocolos de seguridad, convivencia e inclusión social para trabajadores inmigrantes y su interacción con la comunidad local	**Adaptación:** El cambio climático no solo se manifiesta con impactos ambientales, sino también con profundas presiones sobre la salud pública y el tejido social. Las medidas de este programa están diseñadas para fortalecer a la comunidad y hacerla menos vulnerable a estas presiones. 1. El protocolo de prevención y atención de riesgos sanitarios es una medida de adaptación directa a las amenazas para la salud que se intensifican con el cambio climático. El aumento de las temperaturas y los cambios en los patrones de lluvia pueden expandir el rango geográfico y la estacionalidad de vectores como los mosquitos, aumentando la incidencia de enfermedades. Un protocolo sanitario robusto, que incluya vigilancia y respuesta, es una herramienta de salud pública para adaptarse a este riesgo creciente y proteger a los trabajadores, residentes y turistas. De igual manera, los protocolos de prevención de accidentes y la disponibilidad de áreas de primeros auxilios fortalecen la capacidad de respuesta inmediata ante emergencias. Un sistema de salud y seguridad bien establecido en el sitio puede atender eficazmente las emergencias menores, aliviando la presión sobre los servicios públicos de salud, lo que contribuye a la resiliencia de todo el sistema regional. 2. La medida de desarrollar e implementar protocolos de seguridad, convivencia e inclusión social para trabajadores inmigrantes es una medida novedosa de adaptación. Una comunidad cohesionada, donde todos sus miembros, sin importar su origen, se sienten seguros, incluidos y
	Contar con un área específica para primeros auxilios en las áreas públicas	
	Contar con un protocolo de prevención y atención de accidentes y riesgos de trabajo	
	Contar con un protocolo de prevención y atención de riegos sanitarios	

Subprograma	Medida	Contribución de las medidas a la mitigación y adaptación al cambio climático
		respetados, es una comunidad mucho más resiliente. Un protocolo que fomenta la buena convivencia asegura que la información fluya correctamente y que la ayuda mutua sea la norma. Se previene el aislamiento de grupos vulnerables, garantizando que todos tengan acceso a las advertencias, a los refugios y a la ayuda post-desastre. La construcción de un tejido social fuerte y solidario es una de las inversiones más eficaces para asegurar que una comunidad pueda no solo sobrevivir a un evento climático extremo, sino también recuperarse de manera más rápida y equitativa.
Prevención y Manejo de Contingencias	Implementar un comité de prevención y manejo de contingencias de origen natural o antrópico	**Adaptación:** El núcleo de este programa es construir la capacidad para enfrentar los riesgos climáticos. 1. La base de toda la estrategia de preparación es la implementación de un comité de prevención y el establecimiento de un sistema de alerta temprana de fenómenos meteorológicos. En una era de huracanes potencialmente más fuertes y erráticos, tener un sistema que provea advertencias con la mayor antelación posible es la primera y más crítica línea de defensa. Permite activar los protocolos, asegurar la propiedad, proteger los ecosistemas sensibles y, lo más importante, salvaguardar la vida humana. El comité de prevención asegura que exista una estructura de mando y una cadena de decisiones claras para actuar de manera rápida y ordenada ante una alerta. 2. Los protocolos de prevención y respuesta ante eventos naturales (ej. huracanes, inundaciones), incendios y derrame de sustancias peligrosas son la aplicación práctica de la preparación. Estos protocolos aseguran una respuesta organizada, rápida y basada en la evidencia. Contar con planes detallados, que incluyen la capacitación del personal, asegura una respuesta coordinada y eficaz que minimiza los daños. 3. La resiliencia climática no se limita a la resistencia ante un evento; incluye la capacidad de recuperar funciones ecológicas. Por ello, el programa incorpora acciones inmediatas de remediación en caso de contaminación, para restaurar suelos, cuerpos de agua o vegetación afectada. Esta capacidad de respuesta permite acortar los tiempos de recuperación de ecosistemas, asegurando que retomen rápidamente sus funciones ecológicas como la protección o soporte de vida.
	Establecer un sistema de alerta temprana de fenómenos meteorológicos	
	Elaborar e implementar un protocolo de prevención y respuesta ante incendios, incluyendo capacitación del personal	
	Elaborar e implementar un protocolo de prevención y respuesta ante eventos naturales (huracanes, inundaciones, etc.), incluyendo capacitación del personal	
	Elaborar e implementar un protocolo de prevención y respuesta ante derrames accidentales de sustancias peligrosas, incluyendo capacitación del personal y disponibilidad de equipos de contención y limpieza	
	Contar con programa de remediación ambiental en caso de contaminación por derrames o infiltración accidental	
	Contar con un programa de remediación en caso de alteración ambiental por el sistema de ósmosis inversa	
Desarrollo Social	Ejecutar proyectos sociales compensatorios: educación ambiental, producción sostenible, infraestructura verde comunitaria	**Adaptación:** La vulnerabilidad de una comunidad al cambio climático está directamente relacionada con su estabilidad económica, su cohesión social y su nivel de capacitación. Este programa aborda directamente estos tres pilares. 1. Las medidas de priorizar la contratación de la población residente y la proveeduría de bienes y servicios con proveedores locales son acciones de adaptación fundamentales. Al generar empleo local estable y fortalecer las empresas de la región, se aumenta la capacidad económica de las familias. Una comunidad con mayor estabilidad económica tiene más recursos para prepararse ante un desastre y para recuperarse más rápidamente después. La pobreza es un factor que magnifica la vulnerabilidad climática; reducirla es construir capacidad de adaptación. Además, garantizar condiciones de trabajo adecuadas fomenta la estabilidad social, un elemento clave para la cooperación comunitaria durante una crisis.
	Desarrollar campañas informativas sobre empleos disponibles por etapa de desarrollo del proyecto	
	Priorizar la contratación de la población residente para la fuerza de trabajo del proyecto	
	Difundir a la comunidad información sobre cierre del proyecto y alternativas laborales	
	Priorizar la proveeduría de bienes y servicios con proveedores locales	
	Garantizar condiciones de trabajo adecuadas (salario y horarios) a trabajadores	

Subprograma	Medida	Contribución de las medidas a la mitigación y adaptación al cambio climático
	Desarrollar programas y planes de formación para la población local en materia de turismo	2. La ejecución de proyectos sociales compensatorios es una vía directa para construir resiliencia a nivel comunitario. La creación de infraestructura verde provee a la comunidad de defensas naturales contra los efectos del cambio climático. La educación ambiental y los programas de formación en turismo sostenible o producción sostenible diversifican las habilidades de la población. Esto hace a la comunidad menos dependiente de una sola fuente de ingresos y más adaptable a los cambios económicos que puedan derivarse de los impactos climáticos en la región. 3. Las campañas informativas sobre empleos disponibles y las alternativas laborales al cierre del proyecto proveen seguridad y predictibilidad a la fuerza laboral, permitiendo a las familias planificar a largo plazo y reduciendo la precariedad económica, lo que fortalece su capacidad para enfrentar imprevistos. **Mitigación:** Si bien el foco es la adaptación, varias de estas medidas tienen un claro aporte a la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI). La medida de priorizar la proveeduría con proveedores locales tiene un impacto directo y medible en la reducción de la huella de carbono. Al acortar las cadenas de suministro, se reducen significativamente las emisiones de CO_2 asociadas al transporte de larga distancia de bienes, materiales y alimentos (las llamadas millas de transporte o *food miles*). Los proyectos sociales compensatorios también pueden tener un componente de mitigación. La infraestructura verde secuestra carbono, y los programas de educación ambiental y producción sostenible pueden fomentar prácticas de menor impacto en la comunidad, como la agricultura orgánica, el manejo de residuos o la eficiencia energética, que contribuyen a reducir las emisiones a nivel local.
Desarrollo Cultural	Establecer canales efectivos de comunicación comunitaria (mesas de diálogo, buzones, reuniones) para atender tensiones sociales derivadas de la inmigración	**Adaptación:** El enfoque de este programa es hacer a la comunidad más fuerte desde adentro, preparándola para los desafíos futuros. 1. Las medidas para establecer canales de comunicación, fomentar la integración y realizar capacitación intercultural y campañas sobre diversidad y cohesión son importantes para la adaptación social. El cambio climático es un multiplicador de estrés que puede agravar tensiones sociales preexistentes. Una comunidad dividida o con fricciones internas es mucho menos eficaz al momento de responder a una emergencia climática. Estos programas buscan crear una comunidad unificada y comunicativa, donde la confianza y la cooperación prevalezcan. Esta cohesión social, o capital social, es un activo intangible pero invaluable que permite una respuesta colectiva más rápida, ordenada y equitativa ante un desastre, asegurando que nadie se quede atrás. 2. El monitoreo de los recursos naturales asociados a prácticas tradicionales locales es una medida de adaptación muy profunda. Las prácticas tradicionales a menudo contienen un vasto conocimiento ecológico (conocido como *Traditional Ecological Knowledge* o TEK). Al monitorear y proteger los recursos que sustentan estas prácticas, se ayuda a preservar este valioso acervo de conocimiento, que puede ofrecer soluciones de adaptación probadas a lo largo de generaciones para enfrentar, por ejemplo, la variabilidad del agua o del clima.
	Elaborar y aprobar un plan de contingencias específico para hallazgos arqueológicos, en coordinación con el INAH	
	Fomentar la integración de población nueva con la comunidad local a través de actividades sociales, culturales o ambientales	
	Mantener campañas de información continua sobre convivencia responsable, costumbres locales y sostenibilidad dirigida a población nueva	
	Implementar programas de capacitación intercultural para trabajadores inmigrantes y población local	
	Mantener campañas de sensibilización sobre diversidad cultural y cohesión social dirigidas a toda la población (local e inmigrante)	
	Monitorear de manera continua la calidad de los recursos naturales asociados a prácticas tradicionales locales	

Tabla 6.35. Correlación del SGAS con los ODS.

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
Manejo de Áreas de Conservación	Minimizar la remoción de cobertura vegetal durante la preparación del sitio, limitándola estrictamente a las áreas necesarias para la construcción									✓		✓		
	Delimitar, señalizar y proteger las zonas de conservación para evitar actividades que impidan la infiltración o que puedan dañarlas			✓								✓		
	Realización de un levantamiento topográfico detallado del área del proyecto para identificar las elevaciones y pendientes existentes, y así planificar la ubicación de las estructuras minimizando las modificaciones al terreno natural							✓						
	Contar con un protocolo para la Prevención de Introducción y Dispersión de Especies Exóticas Invasoras que incluya: Procedimientos de limpieza de maquinaria, control de fuentes de materiales y manejo de residuos para evitar la propagación de especies no nativas.											✓		
	Planificar el proyecto considerando conectividad ecológica y permeabilidad del paisaje para evitar la fragmentación del hábitat											✓		
	Desarrollar e implementar un programa de mantenimiento de zonas de conservación							✓		✓				

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
	como sumideros de carbono, filtros de partículas y reguladores del microclima													
	Establecer un centro para la conservación y manejo sostenible del manglar y recurso costeros en coordinación con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas										✓			✓
Rescate y Manejo de Vivero	Realizar un inventario florístico para identificar especies nativas, endémicas y protegidas presentes en el área del proyecto											✓		
	Implementar un programa de rescate y reubicación de especies nativas, con énfasis en endémicas y protegidas, para conservación en vivero y posterior reintroducción											✓		
	Habilitar y operar un vivero y mantener especies rescatadas con condiciones adecuadas para su futura revegetación											✓		
	El suelo y vegetación retirados de las zonas de aprovechamiento se acopiará para su uso en el vivero y áreas verdes								✓			✓		
Reforestación	Planificar la reforestación de áreas verdes preferentemente con especies nativas para que contribuya a: 1. Mantener la estabilización y permeabilidad del suelo 2. Favorecer la infiltración natural del agua, evitando la generación de escorrentía superficial excesiva 3. Mantener la protección			✓						✓		✓		

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
	contra la erosión hídrica y eólica, en áreas con pendientes o expuestas 4. Maximizar la provisión de servicios ambientales													
	Usar exclusivamente plantas cuya legal procedencia haya sido verificada (labores de reforestación)								✓			✓		
	Elaborar e implementar un plan de reforestación con especies nativas, priorizando aquellas con valor ecológico (ej. especies endémicas, especies con algún estatus de protección, especies clave).											✓		
	Desarrollar e implementar un programa de restauración ecológica, priorizando la recuperación de la vegetación nativa en áreas intervenidas para: 1. Compensar emisiones residuales 2. Recuperar las funciones hidrológicas 3. Recuperar la morfología, así como las propiedades físicas, químicas, biológicas del suelo 4. Recuperar la composición florística original 5. Recuperar el hábitat para especies de fauna 6. Recuperar los servicios ambientales			✓						✓		✓		
	Elaborar e implementar un plan de reforestación de manglar									✓	✓	✓		
Manejo de Áreas Verdes	Diseño paisajístico con vegetación nativa para							✓				✓		

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
	apantallamiento visual e integración ecológica													
	Diseñar áreas verdes con especies nativas, adaptadas a las condiciones locales y para maximizar servicios ecosistémicos (hábitat de polinizadores, recarga hídrica, regulación térmica, control de escorrentía, sumideros de carbono)			✓				✓		✓		✓		
	Elaborar y ejecutar un plan de mantenimiento de áreas verdes							✓				✓		
	Supervisar el uso de agroquímicos biodegradables y de baja toxicidad autorizados por la CICOPLAFEST en áreas verdes del proyecto			✓					✓			✓		
Manejo y Rescate de Fauna	Realizar un inventario faunístico para identificar la composición de especies nativas, endémicas y protegidas											✓		
	Implementar un programa de rescate de fauna, con protocolos específicos por taxa y con énfasis en las especies endémicas y protegidas, asegurando su reubicación en sitios seguros											✓		
	Implementar medidas para minimizar el ruido y las vibraciones, especialmente en horarios sensibles para la fauna (amanecer y atardecer)											✓		
	Diseñar sistemas de iluminación exterior que minimicen la contaminación lumínica (luces direccionales, ámbar, baja intensidad, horarios controlados)											✓		

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
	Elaborar protocolo de actuación en caso de avistamiento o interacción con mamíferos marinos										✓			
	Implementar pasos de fauna (ductos, canaletas) en zonas críticas para mantener conectividad							✓				✓		
Control de Fauna Nociva	Contar con un protocolo para la Prevención de Introducción y Dispersión de Especies Exóticas Invasoras que incluya: Procedimientos de limpieza de maquinaria, control de fuentes de materiales y manejo de residuos para evitar la propagación de especies no nativas.											✓		
	Contar con un protocolo para el manejo de especies consideradas riesgosas		✓									✓		
Residuos Líquidos y Sanitarios	Implementar un sistema definitivo de tratamiento de aguas residuales que cumpla con la normatividad ambiental (PTAR)			✓							✓	✓		
	Instalar sistemas temporales de tratamiento de aguas residuales (ej. baños portátiles, a razón de uno por cada diez trabajadores, con gestión segura de residuos)			✓		✓								
	Instalar y operar sistemas de contención temporal para residuos líquidos conforme a la normatividad			✓					✓					
	Entregar residuos a empresas autorizadas para reciclaje o disposición final								✓					✓
	Implementar sistema eficiente de tratamiento de aguas residuales con			✓					✓	✓				

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
	reutilización para riego o usos no potables													
Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial	Almacenar materiales alejados de zonas con pendientes pronunciadas o susceptibles a la erosión										✓	✓		
	Separar adecuadamente residuos para su reciclaje o disposición, en contenedores rotulados y estratégicamente ubicados							✓	✓					
	Instalar y operar sistemas de contención temporal conforme a la normatividad para residuos sólidos y de manejo especial			✓					✓					
	Entregar residuos a empresas autorizadas para reciclaje o disposición final								✓					✓
	Manejo ordenado y limpieza continua de las áreas de trabajo, acopio de materiales para evitar la dispersión de residuos y el desorden visual					✓		✓						
	Manejo adecuado de residuos operativos para evitar exposición visual y contaminación del paisaje							✓			✓	✓		
	Implementar programa integral de gestión de residuos sólidos con separación, reciclaje y minimización de disposición final							✓	✓					
	Monitorear la generación y tratamiento de residuos								✓					
Residuos Peligrosos	Separar adecuadamente residuos para su reciclaje o disposición, en contenedores rotulados y estratégicamente ubicados		✓						✓					
	Instalar y operar sistemas de contención temporal			✓				✓			✓	✓		

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
	conforme a la normatividad para residuos peligrosos y combustibles													
	Mantenimiento preventivo a áreas de almacenamiento de residuos peligrosos			✓					✓		✓	✓		
	Entregar residuos a empresas autorizadas para reciclaje o disposición final								✓					✓
Control de Gases y Polvos	Implementar un programa de mantenimiento preventivo para maquinaria, equipos y vehículos para minimizar emisiones							✓		✓				
	Establecer un programa de optimización de rutas y tiempos de operación para reducir emisiones									✓				
	Aplicar un programa de verificación vehicular para unidades operativas		✓					✓						
	Humedecer periódicamente las áreas de trabajo expuestas para evitar la resuspensión de partículas		✓									✓		
	Cubrir adecuadamente los materiales de construcción durante el almacenamiento y transporte							✓						
	Priorizar el uso de maquinaria con certificación de bajas emisiones									✓				
	Instalar barreras rompevientos naturales o artificiales en zonas expuestas a dispersión de partículas									✓		✓		
	Ejecutar un programa de mantenimiento periódico en caminos y zonas de tránsito vehicular para evitar generación de polvo y acumulación de residuos							✓						

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
	Utilizar tecnologías y equipos energéticamente eficientes (LED, climatización eficiente, etc.)				✓					✓				
	Monitorear consumo de energía				✓				✓					
Control de Ruido	Realizar mantenimiento preventivo a maquinaria y equipo para evitar niveles de ruido excesivos					✓						✓		
	Utilizar maquinaria equipada con sistemas de control de ruido (silenciadores, aislamiento acústico, etc.)		✓									✓		
	Implementar aislamiento acústico a equipamiento u otras fuentes de ruido continuo		✓					✓				✓		
	Instalar barreras acústicas temporales en torno a las fuentes de mayor emisión de ruido, especialmente en áreas sensibles							✓				✓		
	Establecer y hacer cumplir un horario exclusivo de operación diurno (evitando horas de descanso)		✓									✓		
	Realizar monitoreos periódicos de niveles sonoros conforme a la normatividad							✓					✓	
Manejo Integral del Agua	Evaluación ecohidrológica para identificar interacción entre aguas subterráneas y el manglar			✓							✓	✓		
	Realizar estudios de línea base sobre la disponibilidad de agua y recarga del acuífero			✓				✓						
	Identificación y mapeo detallado de los patrones de drenaje superficial existentes para evitar su obstrucción o							✓				✓		

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
	alteración por las actividades del proyecto													
	Diseño del proyecto que respete el escurrimiento superficial natural							✓				✓		
	Realizar estudios de línea base sobre calidad del agua marina			✓							✓			
	Implementar zanjas de desviación, diques o barreras naturales para el control de escorrentía y evitar erosión superficial							✓				✓		
	Implementar un programa de mantenimiento de redes hidráulicas para evitar fugas			✓				✓						
	Implementar un programa regular de mantenimiento de la PTAR			✓	✓					✓	✓	✓		
	Monitoreo de calidad del efluente de la PTAR (parámetros fisicoquímicos y microbiológicos)			✓							✓	✓		
	Planificación del manejo de efluentes del sistema de ósmosis inversa con diseño óptimo de descarga (difusores, ubicación y profundidad)			✓							✓			
	Implementar sistema de ósmosis inversa para cubrir necesidades de agua potable del proyecto y reducir presión sobre el acuífero			✓				✓						
	Instalar y operar un sistema de tratamiento de agua mediante ósmosis inversa que cumpla con la normatividad y que cuente con monitoreo continuo del volumen extraído y retornado			✓				✓			✓	✓		
	Monitorear turbidez y sólidos suspendidos en áreas de			✓							✓			

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
	toma y descarga durante instalación del sistema de ósmosis inversa													
	Ejecutar programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la planta de ósmosis inversa para garantizar operación eficiente			✓	✓					✓				
	Monitorear las descargas del sistema de ósmosis inversa			✓							✓			
	Usar materiales permeables en vialidades, estacionamientos, senderos y áreas de aprovechamiento sin edificación			✓				✓		✓				
	Diseño y mantenimiento de sistemas de drenaje pluvial para: 1. Favorecer la infiltración en áreas de recarga, utilizando técnicas de biofiltración y retención de sedimentos 2. Asegurar que no se generen flujos concentrados que puedan causar erosión y alteración de la estructura del suelo El sistema de drenaje pluvial deberá estar separado del drenaje sanitario			✓				✓		✓				
	Monitorear consumo de agua y generación de aguas residuales			✓					✓					
	Colocación de pasos de agua en vialidades y otras áreas necesarias para mantener la continuidad del flujo hidrológico de acuerdo a los escurrimientos naturales que existen en la zona del proyecto			✓				✓			✓	✓		

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
	Instalar cuneta en las vialidades para minimizar efectos de contaminación en las escorrentías.			✓				✓		✓				
	Implementación obligatoria para los desarrolladores futuros de los diferentes lotes de sistemas ahorradores de agua en sus instalaciones			✓					✓					
Monitoreo Calidad de Agua	Monitoreo de calidad del agua subterránea (parámetros fisicoquímicos y microbiológicos)			✓							✓			
Monitoreo de Vegetación	Monitorear la vegetación para detectar la introducción de especies exóticas invasoras y evaluar salud de las poblaciones nativas, incluyendo especies en categoría de protección											✓		
Monitoreo de Fauna	Monitorear la fauna para detectar la introducción de especies exóticas invasoras y evaluar salud de las poblaciones nativas, incluyendo especies en categoría de protección											✓		
Monitoreo de Calidad de Agua Marina	Monitorear calidad del agua marina en puntos de control cercanos a la zona de descargas del sistema de ósmosis inversa			✓							✓			
Monitoreo de comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	Realizar estudios de línea base sobre la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton, ictiofauna) en zona de influencia de la toma y descarga del sistema de ósmosis inversa										✓			
	Implementar monitoreo de la comunidad pelágica en zonas de influencia (succión			✓							✓			

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
	y descarga) de la planta de ósmosis inversa													
Monitoreo de comunidad bentónica	Realizar estudios de línea base sobre la comunidad bentónica en área de influencia de la descarga del sistema de ósmosis inversa										✓			
	Implementar monitoreo de la comunidad bentónica en la zona de descarga de la planta de ósmosis inversa para detectar posibles alteraciones en composición, abundancia, diversidad o salud como resultado de la descarga del efluente			✓							✓			
Monitoreo de mamíferos marinos	Monitorear presencia, comportamiento y estado de salud de mamíferos marinos en el área de influencia de la zona de descarga del sistema de ósmosis inversa			✓							✓			
Monitoreo del Manglar	Estudio de línea base del ecosistema de manglar									✓	✓	✓		
	Monitoreo de salud del manglar: cobertura, regeneración, productividad									✓	✓	✓		
Capacitación Ambiental	Capacitar al personal sobre fuentes de emisión y técnicas de control de contaminantes atmosféricos		✓	✓				✓		✓		✓		
	Capacitar al personal en el control de dispersión de partículas y sus efectos en la salud y el ambiente		✓	✓				✓		✓		✓		
	Capacitar al personal en prácticas para minimizar la generación de ruido durante sus actividades		✓	✓				✓		✓		✓		
	Capacitar al personal sobre prácticas que minimicen el riesgo de infiltración de contaminantes al subsuelo		✓	✓				✓		✓	✓	✓		

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
	Capacitación al personal en prácticas que minimicen riesgos de contaminación al suelo		✓	✓				✓		✓	✓	✓		
	Capacitar al personal sobre identificación de especies nativas/endémicas/protegidas y control de exóticas invasoras (flora y fauna)										✓	✓		
	Capacitar al personal sobre la conducta adecuada ante encuentros con fauna y su importancia ecológica			✓							✓	✓		
	Desarrollar e implementar un programa de sensibilización ambiental para huéspedes y residentes sobre fauna local y prácticas responsables										✓	✓		
	Capacitar al personal de construcción sobre los impactos de la fragmentación del hábitat, la importancia de mantener la conectividad ecológica y los protocolos para evitar daños a la vegetación y la fauna durante las actividades de obra											✓		
	Capacitación del personal sobre conservación marina y cumplimiento de normas ambientales										✓		✓	
	Capacitar al personal sobre prácticas de ahorro de agua y energía en actividades diarias			✓	✓	✓			✓					
	Capacitar al personal de obra sobre la identificación de vestigios arqueológicos y los protocolos establecidos por el INAH ante hallazgos fortuitos													✓
	Capacitar al personal de obra sobre la identificación de vestigios arqueológicos y los													✓

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
	protocolos establecidos por el INAH ante hallazgos fortuitos													
	Implementar campañas sobre uso responsable del transporte público y opciones de viaje compartido		✓					✓		✓				
	Capacitación a trabajadores sobre consumo responsable de bienes y servicios locales				✓	✓			✓					
Información y Educación Ambiental	Informar oportunamente a comunidades vecinas sobre actividades y horarios con potencial generación de ruido		✓					✓						
	Comunicación periódica a la comunidad sobre el desempeño ambiental de la planta y resultados del monitoreo marino												✓	✓
	Desarrollar programas de capacitación ambiental dirigidos a la nueva población residente y flotante sobre conservación y uso racional de recursos naturales								✓					
	Desarrollar programas de capacitación para residentes y visitantes sobre alternativas de movilidad sostenible (bicicleta, caminata, transporte público)		✓					✓		✓				
	Implementar campañas de concientización ambiental sobre uso eficiente de recursos (agua, energía) y gestión de residuos			✓	✓				✓					
	Campañas informativas para visitantes y usuarios sobre el consumo consciente								✓					
Imagen y Señalización Ambiental	Colocar señalizaciones que indiquen los procedimientos y áreas adecuadas para la gestión de residuos							✓	✓					

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
	Delimitar claramente las áreas de trabajo y restringir el acceso de maquinaria pesada a zonas no autorizadas para evitar compactación innecesaria			✓								✓		
	Colocar señalización informativa sobre fauna local y buenas prácticas para evitar la alteración de sus pautas de comportamiento											✓		
	Señalización de zonas de trabajo durante instalación del sistema de ósmosis inversa					✓					✓			
	Establecer rutas definidas para el tráfico vehicular y peatonal							✓				✓		
	Colocar señalización para la reducción de velocidad en caminos internos con el fin de disminuir emisiones de polvo		✓					✓						
	Instalar señalética educativa sobre especies protegidas (flora y fauna)											✓		
	Instalar señalización de reducción de velocidad para prevenir atropellamientos y disturbios en caminos internos											✓		
	Señalización de límites del manglar y restricción de acceso no autorizado									✓	✓	✓		
Salud y Seguridad	Desarrollar e implementar protocolos de seguridad, convivencia e inclusión social para trabajadores inmigrantes y su interacción con la comunidad local					✓	✓						✓	
	Contar con un área específica para primeros auxilios en las áreas públicas		✓					✓						

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
	Contar con un protocolo de prevención y atención de accidentes y riesgos de trabajo		✓			✓								
	Contar con un protocolo de prevención y atención de riegos sanitarios		✓											
Prevención y Manejo de Contingencias	Implementar un comité de prevención y manejo de contingencias de origen natural o antrópico							✓					✓	
	Establecer un sistema de alerta temprana de fenómenos meteorológicos							✓		✓				
	Elaborar e implementar un protocolo de prevención y respuesta ante incendios, incluyendo capacitación del personal		✓					✓				✓		
	Elaborar e implementar un protocolo de prevención y respuesta ante eventos naturales (huracanes, inundaciones, etc.), incluyendo capacitación del personal							✓		✓				
	Elaborar e implementar un protocolo de prevención y respuesta ante derrames accidentales de sustancias peligrosas, incluyendo capacitación del personal y disponibilidad de equipos de contención y limpieza			✓					✓		✓	✓		
	Contar con programa de remediación ambiental en caso de contaminación por derrames o infiltración accidental										✓	✓		
	Contar con un programa de remediación en caso de alteración ambiental por el sistema de ósmosis inversa										✓			

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
Desarrollo Social	Ejecutar proyectos sociales compensatorios: educación ambiental, producción sostenible, infraestructura verde comunitaria							✓	✓	✓				
	Desarrollar campañas informativas sobre empleos disponibles por etapa de desarrollo del proyecto					✓	✓							
	Priorizar la contratación de la población residente para la fuerza de trabajo del proyecto	✓				✓	✓							
	Difundir a la comunidad información sobre cierre del proyecto y alternativas laborales					✓								
	Priorizar la proveeduría de bienes y servicios con proveedores locales					✓			✓					
	Garantizar condiciones de trabajo adecuadas (salario y horarios) a trabajadores	✓				✓								
	Desarrollar programas y planes de formación para la población local en materia de turismo					✓								
Desarrollo Cultural	Establecer canales efectivos de comunicación comunitaria (mesas de diálogo, buzones, reuniones) para atender tensiones sociales derivadas de la inmigración						✓						✓	
	Elaborar y aprobar un plan de contingencias específico para hallazgos arqueológicos, en coordinación con el INAH							✓						
	Fomentar la integración de población nueva con la comunidad local a través de actividades sociales, culturales o ambientales						✓	✓						
	Mantener campañas de información continua sobre								✓					

Subprograma	Medida	1 FIN DE LA POBREZA	3 SALUD Y BIENESTAR	6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
	convivencia responsable, costumbres locales y sostenibilidad dirigida a población nueva													
	Implementar programas de capacitación intercultural para trabajadores inmigrantes y población local						✓						✓	
	Mantener campañas de sensibilización sobre diversidad cultural y cohesión social dirigidas a toda la población (local e inmigrante)						✓	✓						
	Monitorear de manera continua la calidad de los recursos naturales asociados a prácticas tradicionales locales								✓		✓	✓		

6.8. CONCLUSIÓN

El presente capítulo consolida la estrategia de gestión ambiental del proyecto Punta La Paz mediante el diseño e integración del Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad (SGAS), el cual articula un conjunto de programas y medidas orientados a prevenir, mitigar, compensar y dar seguimiento a los impactos ambientales identificados en el capítulo anterior. La estructura del SGAS responde a un enfoque jerárquico de manejo ambiental y se fundamenta en principios de prevención, resiliencia ecológica y responsabilidad social.

Cada uno de los programas y subprogramas incluidos —desde el manejo de vegetación y fauna hasta el control de emisiones, la conservación de suelos y cuerpos de agua, la restauración ecológica y el fortalecimiento comunitario— ha sido diseñado con base en insumos técnicos generados durante la fase de planeación, así como en el análisis específico de los factores ambientales del sitio. Asimismo, se han considerado criterios de viabilidad operativa, coordinación institucional y cumplimiento regulatorio, a fin de asegurar la eficacia de su implementación en las distintas etapas del proyecto.

Adicionalmente, el SGAS incorpora medidas específicas orientadas a la adaptación y mitigación del cambio climático, y establece su contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), reforzando con ello la alineación del proyecto con compromisos internacionales y políticas nacionales de sostenibilidad.

En conjunto, este capítulo sienta las bases para una gestión ambiental proactiva y flexible, capaz de ajustarse a condiciones cambiantes y de responder de manera oportuna a las necesidades de conservación, restauración y resiliencia del entorno natural y social en el que se desarrollará el proyecto.

2025

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL. PUNTA LA PAZ



CAPÍTULO 7

PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Contenido

7.1. INTRODUCCIÓN 2

7.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y ANÁLISIS RETROSPECTIVO 4

7.3. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO ACTUAL 4

7.4. PRONÓSTICO DEL ESCENARIO DEL PROYECTO 7

7.4.1. Programa de trabajo 8

7.4.2. Dimensiones del proyecto 8

7.4.3. Impactos acumulativos y residuales 9

7.5. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y/O CORRECCIÓN 11

7.6. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS. 16

7.6.1. Ubicación del punto de toma y descarga de la POI 16

7.7. PRONÓSTICO AMBIENTAL. 25

CAPÍTULO 7. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

7.1. INTRODUCCIÓN

La fracción VII Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, señala que se debe analizar el efecto que tendrá la implementación del Proyecto en el Sistema Ambiental Regional (SAR), considerando los impactos ambientales que se pudieran generar (Capítulo 5), así como el efecto que tendrán las medidas de mitigación y compensación propuestas (Capítulo 7).

Con base en lo anterior, en este capítulo se presenta un pronóstico ambiental de lo que resultará la implementación del Proyecto en el SAR (definido en el Capítulo 4) en el que se vea reflejado el efecto de las obras y actividades a desarrollar y como las medidas de mitigación y compensación actuarán sobre los impactos ambientales identificados en el Capítulo 5. A lo largo de este capítulo se presenta:

a) Un análisis retrospectivo del escenario ambiental del sitio.

b) Descripción del escenario ambiental actual del sitio sin proyecto, que retoma el diagnóstico ambiental presentado en el Capítulo 4.

c) Descripción del proyecto con los impactos ambientales que éste generará.

d) Pronóstico del escenario ambiental con la implementación del proyecto.

e) Evaluación de alternativas.

f) Programa de vigilancia ambiental que retoma lo establecido en el Capítulo 6 (MIA-R).

De este modo es posible afirmar que la propuesta del Proyecto es ecológicamente viable pues es congruente con:

- La conservación y uso sostenible de los ecosistemas y recursos naturales del terreno y la región,
- El cumplimiento de todos los instrumentos legales y normativos aplicables,
- La generación de un proyecto ambiental, legal y arquitectónicamente sustentable,
- La integración del proyecto al paisaje y el medio ambiente,
- La generación de oferta a un segmento de mercado sensible a escenarios turísticos de alta calidad ambiental y respeto a la naturaleza y
- La generación de beneficios sociales y económicos para la población local y de la región,
- El impulso de la economía local mejorando la movilidad y generando de empleos.

Por lo anterior y como complemento a lo que se dispone en la normatividad ambiental, en el presente capítulo se presenta un pronóstico ambiental basado en modelos conceptuales de escenarios regionales (retrospectivo, actual y futuro (con y sin proyecto), con el objeto

de determinar la influencia del proyecto en la región o Sistema Ambiental Regional de interés (SAR).

Es importante mencionar que estos análisis se fundamentan principalmente en las herramientas e instrumentos jurídicos, de planeación y ordenamiento del territorio que aplica a la zona; así como también en los diversos estudios realizados y plasmados en la presente MIA-R para describir los posibles escenarios esperados en el SAR con la implementación del Proyecto. Al respecto es importante resaltar que, estos escenarios son cambiantes a lo largo del tiempo, por lo que podrían esperarse ciertas modificaciones de los pronósticos presentados en este capítulo, es decir, dada la volatilidad de las políticas públicas y de los instrumentos de ordenación y planeación de desarrollo, cualquier expectativa fundamentada en la factibilidad de desarrollo sustentable puede ser modificada conforme los intereses de las poblaciones o administraciones.

Es importante resaltar que, el planteamiento del pronóstico ambienta y el diseño de los escenarios actuales y futuros (alternativa 0 (sin el Proyecto) y alternativa viable (con el Proyecto)) antes mencionados, tomó en cuenta los estudios de caracterización, diagnóstico y zonificación ambiental del que sentó las bases del proceso de planificación, bajos los siguientes criterios:

I. Delimitación y descripción del SAR y de sus componentes ambientales, en los cuales se inserta el Proyecto (Capítulo 4).

II. Análisis y cumplimiento de disposiciones jurídicas de observancia obligatoria en materia ambiental (Capítulo 3).

III. Grado de conservación y preservación de ecosistemas y sus funcione ambientales, en donde destaca la presencia de humedales (Capítulo 4).

IV. Grado de conservación de las especies faunísticas presentes en el SAR (Capítulo 4).

V. Superficies de aprovechamiento planteadas por el Proyecto (Capítulo 2).

VI. Ubicación de infraestructura fuera de las zonas con restricciones legales-ambientales (Capítulos 2 y 3).

VII. Implementación de estrategias de análisis, vigilancia, seguimiento y mejoramiento de las condiciones ambientales a través de un sistema de manejo ambiental (Capítulo 7).

7.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y ANÁLISIS RETROSPECTIVO

El análisis presentado en esta sección se basa de modelos conceptuales fundamentados principalmente en datos oficiales (históricos y estadísticos), instrumentos de planeación y ordenamiento del territorio que aplican en la zona; así como también en los estudios realizados como sustento de esta MIA-R.

Se incluye un análisis de tendencias en cambio de usos de suelo a escala Sistema Ambiental como preámbulo a la formulación de los diferentes escenarios requeridos en este capítulo. A través de la organización cronológica de hechos se busca mostrar de manera general y sobre simplificada, la línea base o escenario actual sobre el cual se pretende que el proyecto tenga lugar. Por lo anterior se retoman aspectos de las dimensiones más representativas de la sostenibilidad: social, económica, ambiental y normativa.

Tabla 7.1. Aspectos por dimensión retomados en el análisis retrospectivo.

Social	Economía	Ambiental	Normativa
• Organización municipal • Dinámica demográfica	• Actividades económicas de importancia	• Instrumentos de ordenamiento ecológico Territorial	
• Proyecciones demográficas	• Importancia regional	• Cambios de usos de Suelo y Vegetación • Áreas Naturales Protegidas	• Instrumentos de Planeación Urbana y Problemáticas

7.3. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO ACTUAL

Tal y como se describe en el Capítulo 4 que acompaña a esta MIA-R, el Sistema Ambiental Regional (SAR) en donde se inserta el Proyecto cuenta con una superficie de un área total de 7.75 km^2 (Figura 7.1). Integra tanto componentes terrestres como marinos (Figura 7.2).

Su delimitación se realizó considerando factores clave como la cuenca hidrográfica, la topografía del terreno, las áreas naturales protegidas y los sitios RAMSAR.

Figura 7.1. Sistema Ambiental Regional.

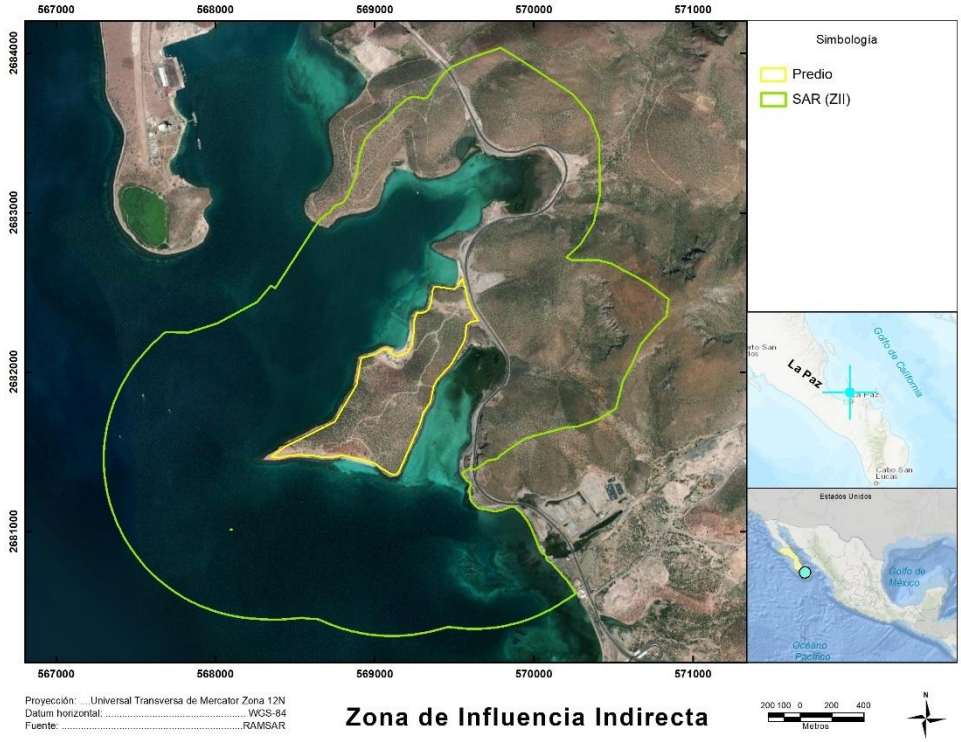
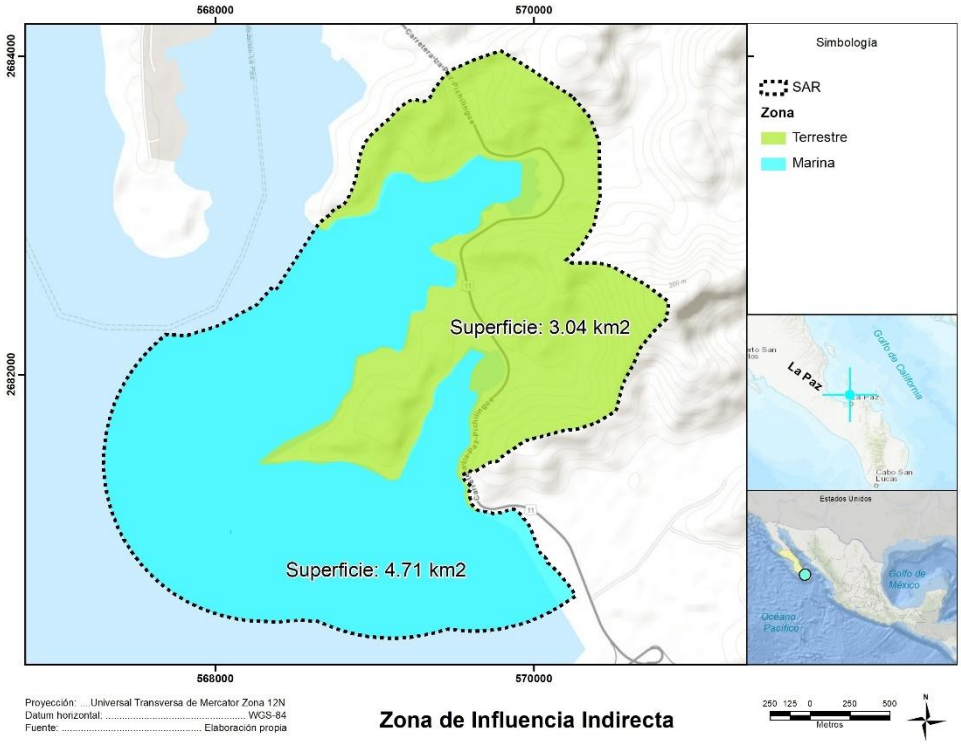


Figura 7.2. Sistema Ambiental Regional terrestre y marino.



Como se describe en el Capítulo 4 de la presente MIA-R, se realizó un estudio de de caracterización y zonificación que sentaron la base para la delimitación del Sistema Ambiental Regional, primero, mediante la revisión y clasificación visual primaria de la fotografía aérea digital. El SAR constituye la extensión geográfica donde los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales en conjunto, pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.

En la actualidad el uso predominante del suelo en el SAR corresponde al **matorral sarcocaule**, el cual abarca el 95.88% de la superficie total de esta área. En segundo lugar, se encuentra el **matorral sarco-crasicaule**, con una cobertura del 2.39%, como se detalla en la tabla siguiente. Estos datos provienen de la Serie VII del Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación elaborada por el INEGI.

Los matorrales sarcocaules se encuentran sobre terrenos rocosos y suelos someros de las regiones costeras, siendo el matorral más abundante en el estado (CONAFOR. 2015). Algunas de las especies representativas son: *Jatropha cuneata* (matacora), *Bursera microphylla* (torote rojo), *Pachycereus pringlei* (cardón pelón), *P. thurberi* (pitaya dulce), *Stenocereus gummosus* (pitaya agria), *Cyrtocarpa edulis* (ciruelo) y *Fouquieria diguetii* (palo Adán).

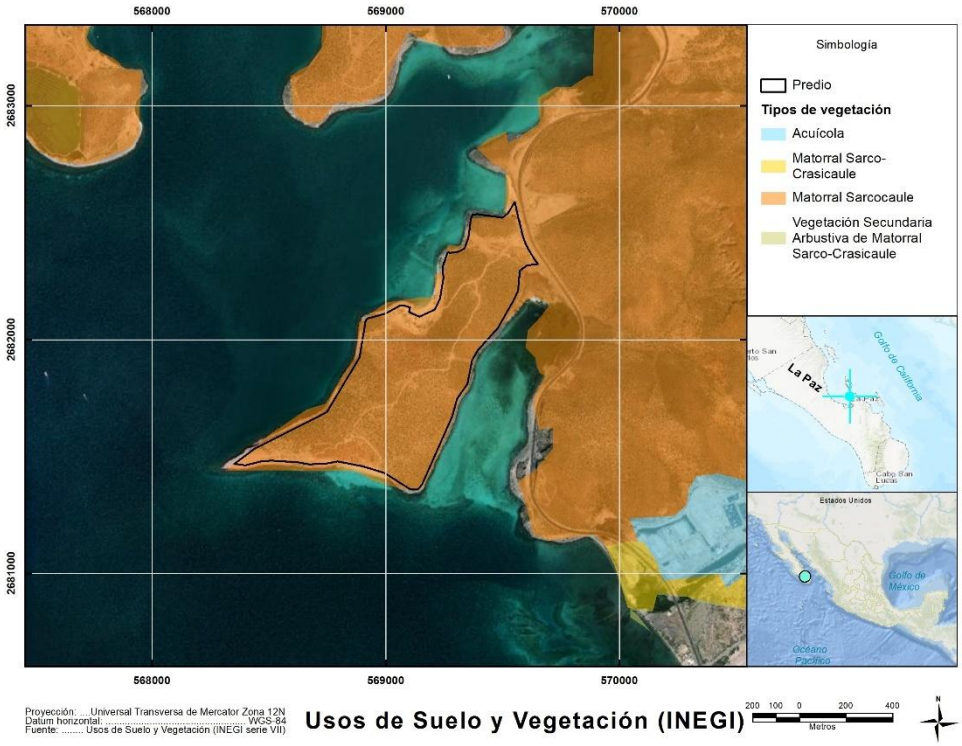
Un estrato arbustivo bajo lo integran especies dominantes como: *Ruellia peninsularis* (chamizo), *Calliandra peninsularis* (tabardillo), *Lippia palmeri palmeri* (orégano), *Euphorbia magdalenae* (golondrinón) y *Melochia tomentosa* (malva rosa). Este tipo de vegetación es el más abundante en la unidad hidrológica forestal del predio, dado el relieve abrupto y los suelos poco profundos característicos del mismo. En los sitios de muestreo **dentro del predio del Proyecto no se identificó vegetación de manglar**, sin embargo, este tipo de vegetación se encuentra en la parte este del predio

Tabla 7.2. Uso de suelo y vegetación del predio.

Nombre		Clave	Nombre	Área	Hectáreas	Porcentaje
Sistema ambiental	Sistema ambiental	ACUI	Acuícola	259,791.87	25.98	1.50%
		MSC	Matorral sarcocaule	16,064,725.07	1,606.47	92.86%
		MSCC	Matorral sarco-crasicaule	412,929.03	41.29	2.39%
		Mar	Agua/Mar	38,351.52	3.84	0.22%
	Predio	MSC	Matorral sarcocaule	523,234.44	52.32	100%

Fuente: Uso de suelo y vegetación según Serie VII del INEGI.

Figura 7.3. Uso de Suelo y Vegetación.



Así mismo para el caso de vegetación, el SAR cuenta con el 94.31% de matorral sarcocaule, y 0.48% de matorral sarcocaule, solo 0.02% correspondiente a manglar.

7.4. PRONÓSTICO DEL ESCENARIO DEL PROYECTO

Para estimar los impactos provocados por la ejecución del Proyecto, cualquier evaluación de impacto ambiental debe describir la acción generadora del impacto, predecir la naturaleza y magnitud de sus efectos ambientales en función de la caracterización de los elementos que integran el ambiente natural y social del área de estudio (capítulo 5), así como determinar las afectaciones y modificaciones que se presentarán sobre los componentes ambientales del SAR.

El SAR se delimitó a partir del análisis de las principales interacciones entre el proyecto y su medio circundante, lo que nos lleva a conocer, de forma detallada, en qué medida las diferentes actividades y obras consideradas por el Proyecto afectarán los atributos ambientales y, por otro lado, en qué sentido éstos últimos pueden tener interacción con las características de la infraestructura y el desarrollo de las actividades previstas por el proyecto.

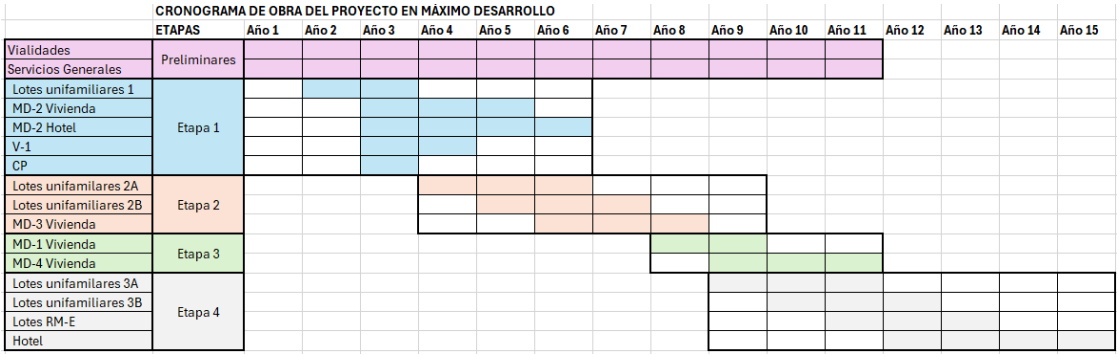
El SAR, en su medio terrestre, es la región ecológica donde los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales, generados en las diversas etapas del proyecto, se unen a las presiones socio-ambientales derivadas del desarrollo de la región.

7.4.1. Programa de trabajo

El Proyecto está planteado para implementarse en un periodo de 99 años, de los cuales se prevé la construcción en (15 años), que incluye un periodo para la obtención de los permisos y licencias necesarios, así como el plazo de compra/venta de los lotes particulares y su periodo de construcción (15 años).

El desarrollo de obras sujetas a los alcances presentados en esta MIA-R, está contemplado ejecutarse en 5 fases; Durante la primer etapa denominada “preliminar” se ejecutarán las obras y actividades para el desarrollo de los macrolotes SV, HS-1, HS-2, HS-3 y vialidad; y en el resto de las 4 etapas (etapa 1- etapa 4) en segunda etapa se desarrollarán los macrolotes RM-1, RM 2-A, RM 2-B, RM 3-A y RM 3-B

La etapa de operación del proyecto se estima en 99 años, los procesos de mantenimiento durante la operación se llevarán a cabo de manera regular.



7.4.2. Dimensiones del proyecto

El Proyecto propuesto se diseñó siguiendo una estrategia que lo dirija hacia la sostenibilidad, la cual está fundamentada en cinco ejes rectores (Figura 7.4).

Figura 7.4. Ejes rectores del Proyecto.

Eje rector ambiental

- Diseño, planificación y lineamiento de construcción y operación de un desarrollo turístico residencial que sea acorde con la conservación y uso sostenible de los ecosistemas y recursos del terreno.

Eje rector normativo

- Diseño, construcción y operación de un desarrollo turístico residencial que cumpla estrictamente con todos los instrumentos legales y normativos aplicables.

Eje rector arquitectónico

- Diseño de un modelo turístico residencial de alta calidad, cuya infraestructura y servicios combinen lujo y confort, pero integrados totalmente al paisaje y al medio ambiente.

Eje rector Turístico -residencial

- Diseño y operación de un desarrollo turístico residencial cuyo segmento comercial objetivo es el de un alto poder adquisitivo, que cuidan de su bienestar y sensible a escenarios de alta calidad ambiental y respeto por la naturaleza.

Eje rector social

- Contribución al desarrollo global de la región a través de la generación de beneficios sociales y económicos para la población local y de la región.

Es así que el Proyecto se enmarcó en un esquema de planificación que garantizará la alineación del Desarrollo con estos ejes rectores. En este sentido, en lo que respecta al eje rector ambiental, se siguió un proceso de planificación ambiental que lo orienta hacia la viabilidad ambiental el cual se muestra que con esta MIA-R se estaría culminando el proceso de planificación y, de resultar autorizada, se daría inicio a la etapa de Gestión y Manejo Ambiental.

Figura 7.5. Proceso de Planificación Ambiental del Proyecto.



7.4.3. Impactos acumulativos y residuales

La identificación de los impactos acumulativos en el proyecto se llevó a cabo considerando las matrices de significancia, la interpretación geográfica del área de influencia, y el juicio de expertos. Se evaluaron todos los impactos del proyecto en el contexto de su interacción con el deterioro histórico y las actividades existentes y se identificó que el 65.7% de ellos (28 impactos) tienen un carácter acumulativo, 18 de ellos valorados con un efecto negativo y 10 valorados con un efecto tanto positivo como negativo.

Tabla 7.3. Impactos Acumulativos

Factor	Impacto	Clave	Signo del efecto
Aire	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes	Ai1	-
	Deterioro de la calidad por dispersión de partículas	Ai2	-
	Incremento en los niveles de ruido	Ai3	-
	Alteración del microclima	Ai4	-
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	Ag1	-

Factor	Impacto	Clave	Signo del efecto
	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina	Ag2	-
	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	Ag3	-
	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	Ag5	-
Suelo	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	Su1	-
	Alteración de la estructura	Su2	-
Geoforma	Alteración de los procesos morfodinámicos	Go1	-
	Alteración de la topografía	Go2	-
Flora	Alteración en la composición de las especies	Fl1	+/-
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	Fl2	+/-
Fauna	Alteración en la composición de las especies	Fa1	+/-
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	Fa2	+/-
	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	Fa3	+/-
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	Eco1	+/-
	Modificación y fragmentación del hábitat	Eco2	+/-
	Modificación de los servicios ambientales	Eco3	+/-
Ecosistemas acuáticos	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	Eco4	-
	Alteración de la comunidad bentónica	Eco5	-
	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos	Eco6	-
	Afectación de manglares	Eco7	-
Paisaje	Alteración de la calidad visual	Pa1	+/-
Dinámica económica	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia	De3	-
Movilidad	Aumento en el flujo vehicular	Mo1	-
Infraestructura	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales	Sp1	-

La identificación de estos impactos se llevó a cabo en función al atributo de la recuperabilidad, el cual se entiende como la capacidad de los ecosistemas de recobrar su funcionalidad ambiental. Los impactos con calificación de tres implican efectos en el ambiente que no le permitirán regresar a su estado original, aún con la aplicación de medidas de mitigación, por lo que se les consideró residuales. Los impactos con valores menores a tres se consideraron recuperables siempre que se implementen las medidas de compensación y/o mitigación que se presentan en el Capítulo VI.

Derivado de lo anterior se puede establecer que el proyecto generará seis impactos residuales, dos de ellos valorados como negativos y cuatro como positivos/negativos

Tabla 7.4. Impactos Residuales

Factor	Impacto	Clave	Signo del efecto
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	Eco1	+/-
	Modificación y fragmentación del hábitat	Eco2	+/-
	Modificación de los servicios ambientales	Eco3	+/-
Paisaje	Alteración de la calidad visual	Pa1	+/-
Cultura	Cambio en el patrón de uso de recursos	Cu1	-
	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico	Cu2	-

7.5. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y/O CORRECCIÓN

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO.

ATMÓSFERA

- Gases de combustión y partículas suspendidas.

Durante las actividades que se realizarán en las etapas de preparación del sitio y construcción, se prevé que habrá maquinaria y equipo pesado, camiones de transporte de material y vehículos, lo que representa un riesgo de incremento en las emisiones de contaminantes a la atmósfera en la zona.

De acuerdo con las condiciones climáticas que prevalecen en el SAR se prevé que los gases y las partículas se dispersen rápidamente.

- Ruido.

En la etapa de preparación del sitio se generará ruido por la operación de la maquinaria y distintos tipos de vehículos que realizarán las actividades de desmonte y despalme. Se prevé que el ruido producido oscile en un rango de 75 dB(A) a 90 dB(A).

Se anticipa que los niveles de ruido permanecerán dentro de los límites establecidos por la normativa vigente, ya que las actividades previstas en el proyecto no son lo suficientemente intensivas como para afectar el confort sonoro.

SUELO

Con las actividades del desmonte y despalme el suelo será expuesto al tránsito constante de maquinaria y estará expuesto a diferentes residuos que se generarán en las diferentes etapas del proyecto, como son los hidrocarburos utilizados como combustible de la maquinaria y equipo.

El constante paso de maquinaria sobre las zonas de trabajo propiciará que las superficies donde se encuentra el suelo orgánico sean compactado o degradado modificando sus propiedades. Los cambios que se podrían presentar son:

- Modificación de las propiedades fisicoquímicas: acidificación, desbasificación y bloqueo de los oligoelementos que quedan en posición no disponible.

- Pérdida de elementos nutrientes (N, P, S, K, Ca, Mg, etc.) puede ser de manera directa al ser eliminados por las aguas que se infiltran en el suelo o bien por erosión a través de las aguas de escorrentía, o de forma indirecta, por erosión de materiales que los contienen o que podrían fijarlos.

ACUÍFERO

- Calidad del agua.

Durante la construcción existe el riesgo de generar focos de contaminación puntual que incrementarán el efecto acumulativo en las zonas de descarga, derivado por el riesgo de un mal manejo de los residuos sólidos y líquidos o por accidentes de los almacenes de insumos (combustible, lubricantes y solventes), equipos y motores de combustión interna que se usen durante el desarrollo de las actividades.

En la etapa de operación y mantenimiento del proyecto existirá un escurrimiento superficial generado por las tormentas ante la impermeabilización del suelo, esto implica la necesidad de captación y conducción de este volumen de agua.

Con esta acción se corre el riesgo de contaminar el acuífero y deteriorar la calidad del agua al incorporar desechos sólidos y líquidos no deseables que se encuentren en la superficie, lo cual invariablemente llegará al acuífero y potencialmente podrá sumarse a la ya evidente contaminación de cuerpos de agua o ecosistemas sensibles contribuyendo a su deterioro.

- Infiltración.

Durante la construcción de las obras, se modificarán las condiciones naturales del ciclo hidrológico asociadas al acuífero, ya que durante la nivelación y relleno del terreno se verá alterado el mecanismo de recarga, pues se impermeabilizará una parte de la superficie del predio correspondiente a la obra civil del proyecto.

- Disponibilidad de agua.

Dada la tendencia actual del SAR, el proyecto PLP se suma a la cadena de actividades que podrían presionan el acuífero; no obstante, es imprescindible tener en cuenta que el proyecto no contempla la extracción del agua del mismo.

VEGETACIÓN.

- Cobertura.

Con la ejecución del desmonte y despalme, se eliminará la cobertura vegetal en una superficie de 33.74 ha, lo que ocasionará la reducción de individuos de flora; La eliminación de la vegetación fraccionará la vegetación lo que trae consigo una fragmentación y efecto de borde, asimismo se reducirán los servicios ambientales que brinda esta vegetación.

FAUNA.

- Diversidad y abundancia.

En el desarrollo de las etapas del proyecto, se eliminará en su totalidad la cubierta vegetal. Al quitar sus elementos de vegetación se impactarán de manera directa las áreas de alimentación, distribución, reproducción y crianza de la fauna asociada. Por otro lado, si no hay un rescate adecuado antes del inicio del desmonte y despalme se corre el riesgo de que haya atropello de la fauna lo que traería como consecuencia una disminución de la abundancia de especies. En la etapa de Operación y Mantenimiento lo mamíferos de talla chica y mediana, así como las aves modificarán momentáneamente sus rutas debido a la poca tolerancia al ruido.

ESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN.

ATMÓSFERA

Las actividades señaladas para el Proyecto generarán impactos adversos a la atmósfera, por la emisión de gases y partículas suspendidas, sin embargo, con el cumplimiento a la normativa federal y local, además de las medidas de prevención, se podrá mitigar este impacto.

Para efectos del control de emisiones de gases de combustión y partículas suspendidas, en todas las etapas se cumplirán con las siguientes Normas oficiales

- NOM-041-SEMARNAT-2006, que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

- NOM-045-SEMARNAT-2006, Protección ambiental. - Vehículos en circulación que usan diésel como combustible.- Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.

- NOM-085-SEMARNAT-2011, Contaminación atmosférica – Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.

- NOM-023-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO2). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO2) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.

- NOM-037-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

- NOM-156-SEMARNAT-2012, Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

Con relación al control del ruido, se considera lo estipulado en las Normas:

- NOM-080-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido provenientes del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.

- NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

- NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

SUELO

En las etapas de preparación del sitio y construcción se llevarán a cabo las siguientes acciones:

- Se delimitarán las superficies donde se desplantará el proyecto, así como los sitios de las obras provisionales.

- Una vez acamellonado el suelo será necesario resguardarlo por el tiempo que dure la obra y/o hasta su disposición y/o reutilización, para esto se tendrán que delimitar el sitio mediante la colocación de señalamientos (letreros) que eviten que el sitio sea utilizado como vertedero de residuos.

- Se instalará una malla, así como su acordonamiento mediante estacas que evite la contaminación del mismo y para protegerlo contra la erosión eólica e hídrica.

- Se realizará el triturado del desmonte con el suelo rescatado para facilitar su aireación. Estos materiales triturados procederán de los restos de la vegetación resultante de las actividades del Cambio de Uso de Suelo (CUS), una vez que sean triturados serán utilizados en las áreas de reforestación y en su caso para estabilizar taludes.

ACUÍFERO

- Calidad del agua.

En todas las etapas se implementará un programa de manejo de residuos, con el cual se evitará la contaminación de las aguas subterráneas.

- Infiltración y disponibilidad de agua.

Se canalizará el agua pluvial a través de las vialidades para su flujo hacia el estero y a las superficies de conservación.

Se implementará un proceso de tratamiento de aguas residuales con el objetivo de mitigar los impactos asociados a su generación, además de optimizar el consumo de agua mediante su reutilización en el riego de áreas verdes, servicios sanitarios y limpieza de espacios. Para ello, se instalará una planta de tratamiento diseñada para la remoción eficiente de los contaminantes presentes, considerando los volúmenes y la periodicidad de manejo.

Esta infraestructura cumplirá con los parámetros de calidad establecidos por la normatividad vigente, específicamente la **NOM-001-SEMARNAT-2001**, que regula los límites permisibles de contaminantes en descargas hacia cuerpos de agua de propiedad nacional, y la **NOM-003-SEMARNAT-1997**, que define los límites máximos de contaminantes en aguas residuales tratadas destinadas a su reutilización en servicios públicos.

La implementación de estas medidas contribuirá a reducir la demanda y el consumo de agua en la Península, promoviendo un uso más eficiente y sustentable del recurso hídrico.

VEGETACIÓN

- Cobertura.

Para prevenir y mitigar la afectación en diversidad y abundancia se propone la ejecución del Programa de Reforestación rescate y reubicación de flora.

Las restricciones de construcción en los lotes residenciales han sido ampliadas a lo establecido en la normativa vigente.

FAUNA

- Diversidad y abundancia.

En las primeras etapas del proyecto se considera el ahuyentamiento, rescate y reubicación de la fauna, al aplicar estas acciones se evitarán daños a los individuos, dado que estas actividades se realizarán en diversos intervalos, habrá, más tiempo para que la fauna se aleje de la zona de maniobras. Las actividades de concientización en los trabajadores permitirán reducir la posible afectación a las especies faunísticas, durante la ejecución de la obra.

Con base en lo anterior, se prevé que él proyecto es ambientalmente viable, siempre y cuando se ajuste a la normatividad vigente y sin pasar por alto las medidas preventivas, de mitigación y/o compensación que se proponen.

Manglar

Con la implementación del Centro para la Conservación y Uso Sostenible del Manglar y Recursos Costeros se generarán facilidades para la investigación aplicada a la conservación, monitoreo, difusión ambiental del ecosistema del manglar y recursos costeros, además de generar facilidades que permitan a los residentes de la región y turistas, el apreciar y disfrutar en forma segura los paisajes, ecosistemas y biodiversidad de la región y no menos importante el generar e inducir una imagen ambiental y de sostenibilidad del proyecto derivado de sus acciones y compromisos ambientales

7.6. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

7.6.1. Ubicación del punto de toma y descarga de la POI

Construcción de escenarios.

Una vez construido el Modelo de Elevación Digital se simularon eligieron 6 ubicaciones geográficas distintas (Tabla 7.5); para simular la localización de la descarga para una planta desaladora (PDOI).

Se analizaron estos 6 sitios con el propósito de determinar si su ubicación tendría influencia en la dispersión de la salmuera. Además, rodeando el área del proyecto podríamos contar con la información de la dispersión en cada área de importancia como son la Caleta Bahía Falsa, el Estero Puerto Gato y principalmente el área de Interés del Área de Balandra, contando así con la información para el análisis de la interacción de la descarga de alta densidad con la hidrodinámica local.

Tabla 7.5 Coordenadas de los sitios para modelación de la descarga.

SITIOS PARA DESCARGA		
ESCENARIOS PARA MODELACIÓN FINAL		
PUNTO	**COORDENADA E**	**COORDENADA N**
I	567,935.00	2,680,790.00
II	567,681.00	2,680,935.00
III	567,602.00	2,681,183.00
IV	567,722.00	2,681,357.00
V	567,897.00	2,681,468.00
VI	567,777.00	2,681,677.00

Una de las fuerzas que determina las corrientes en la zona de estudio es precisamente la subida y bajada de la marea. Por ello, cada una de las simulaciones consistió en correr en el modelo Delft3D un periodo de 17 días abarcando el periodo de mareas vivas y muertas para la época de primavera-verano.

Para los 6 escenarios que se analizaron se utilizaron las mismas variables de entrada al modelo.

Tabla 7.6 Variables de entrada para el modelo numérico de 6 escenarios.

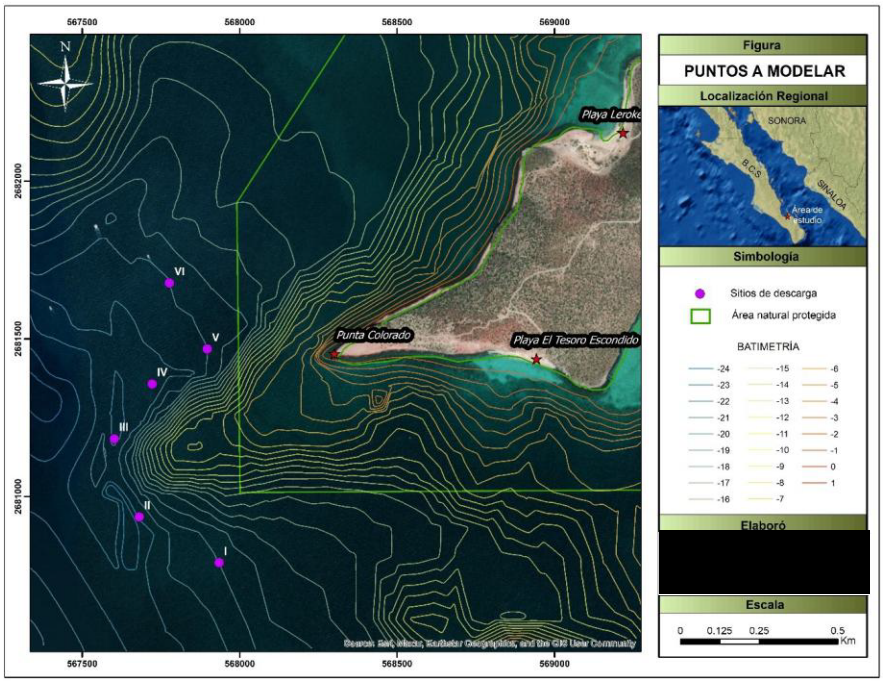
ESCENARIOS PARA MODELACIÓN FINAL		
Variables	**Cantidades**	**Comentarios**
Caudal de salida del agua de rechazo	15 l/s	
Profundidad de descarga	-20 metros	Entre las profundidades de 0 y -20 metros es donde se alimenta el tiburón ballena
Diámetro de la descarga	5”	

ESCENARIOS PARA MODELACIÓN FINAL		
Variables	**Cantidades**	**Comentarios**
Velocidad de flujo en la salida	1.5 m/s	Valor calculado con bombeo a la profundidad de -20m
Material de la tubería	HDPE PN 16	
Salinidad	70 partes por mil (PPT)	Valor típico proveniente del

En la Figura 7.6 se observa la distribución de los 6 sitios geográficos elegidos. En cada uno de los casos, se tomó en cuenta ubicarlos sobre la cota de los 20 metros de profundidad y después de las primeras modelaciones se decidió ubicar el sitio PIII en la cota de los 22 metros de profundidad.

En todos los casos la ubicación se eligió tomando en cuenta la ubicación del polígono del área de interés de ANP Balandra, evitando en todo momento cruzar el límite de esta zona.

Figura 7.6 Puntos I al VI ubicados alrededor de Punta Colorada.



Resultados del modelaje de la pluma de dispersión

Las figuras correspondientes presentan capturas de pantalla para cada una de las seis corridas del modelo Delft3D, aplicadas a los sitios seleccionados en el estudio. En todos los escenarios es posible identificar, aunque de forma sutil, un pequeño punto de color azul más claro en comparación con el resto de la malla numérica.

Según la escala de salinidad utilizada, este punto exhibe valores inferiores a 35.305 ppt, lo cual indica que existe un proceso de dilución localizado. Esta dilución ocurre en las inmediaciones de la zona donde se libera el agua de alta densidad, reflejando una interacción puntual entre masas con diferente concentración salina.

Figura 7.7 Captura de pantalla de modelación P1 (I)

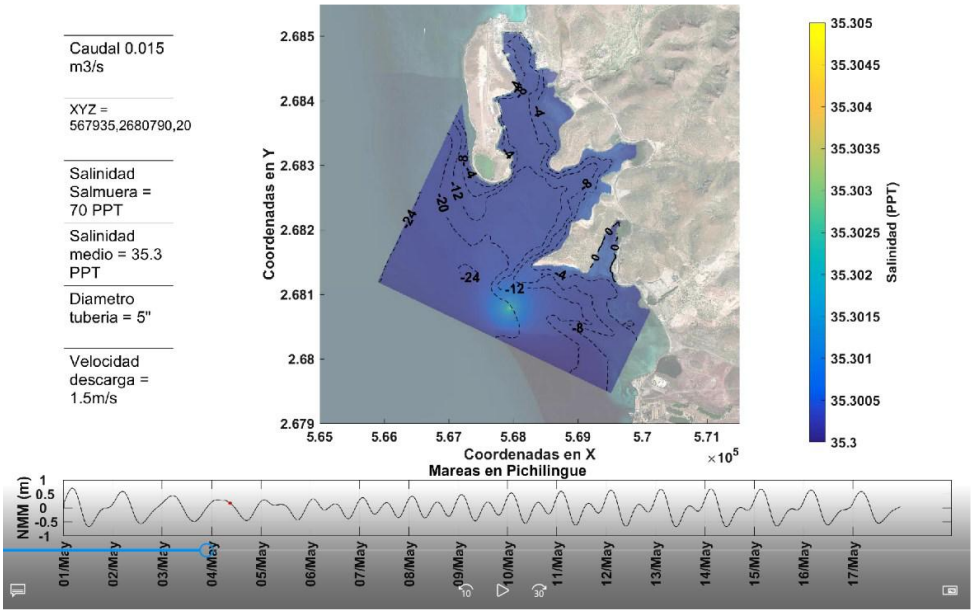


Figura 7.8 Captura de pantalla de modelación P2 (II)

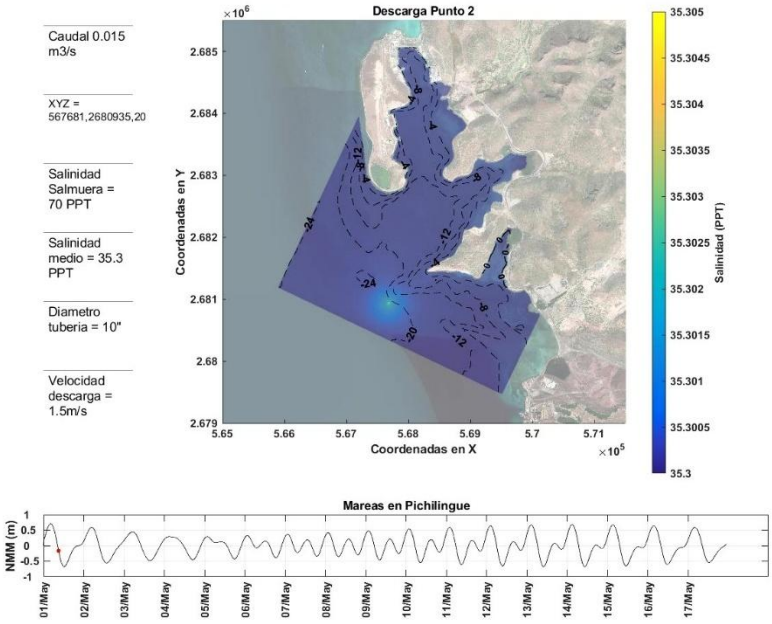


Figura 7.9 Captura de pantalla de modelación P3 (III)

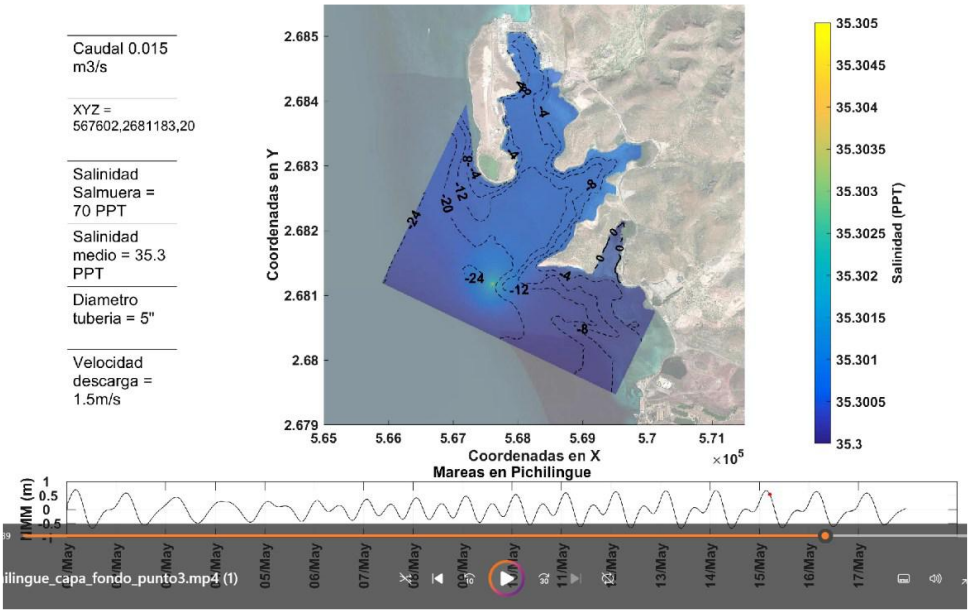


Figura 7.10 Captura de pantalla de modelación P4 (IV)

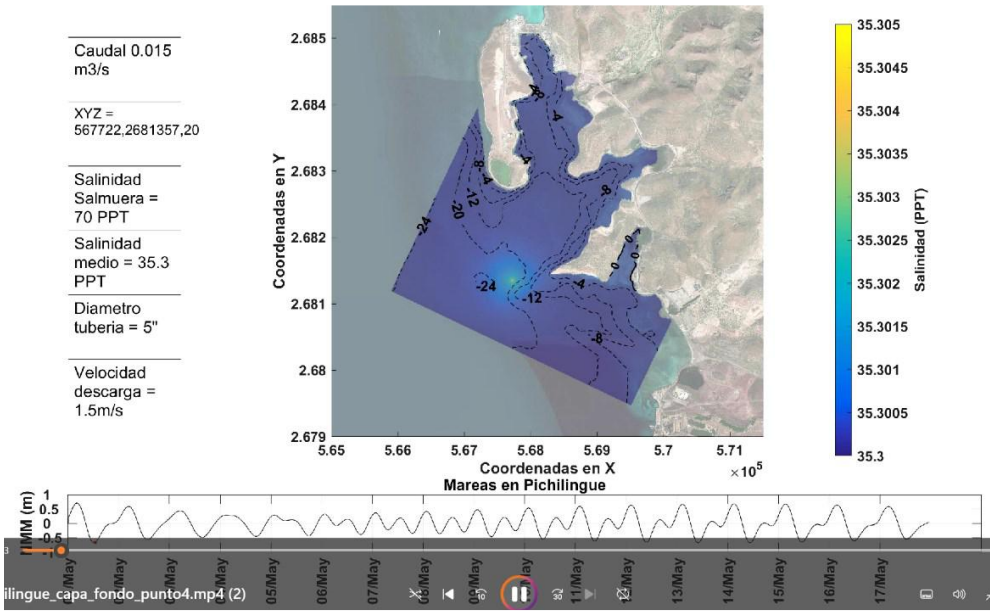


Figura 7.11 Captura de pantalla de modelación P5 (V)

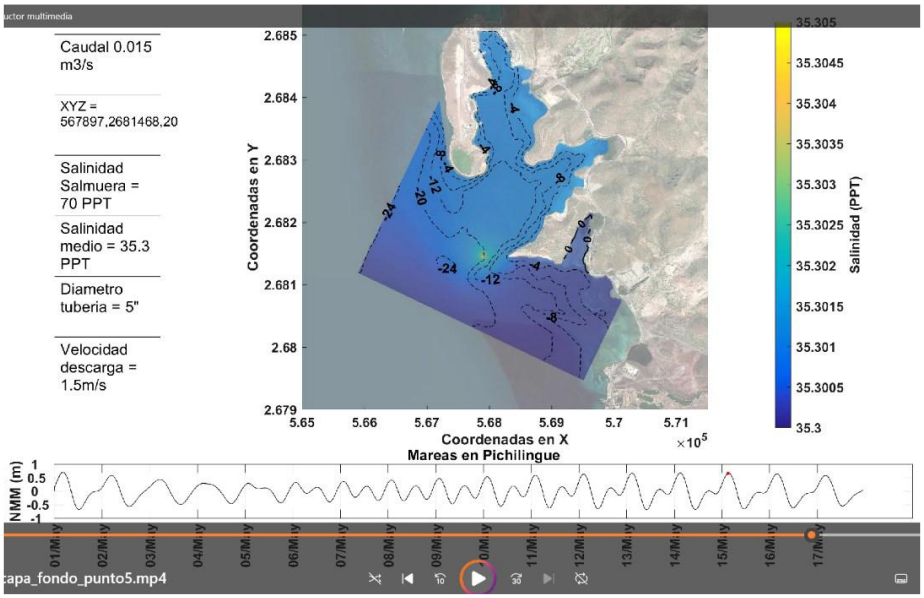
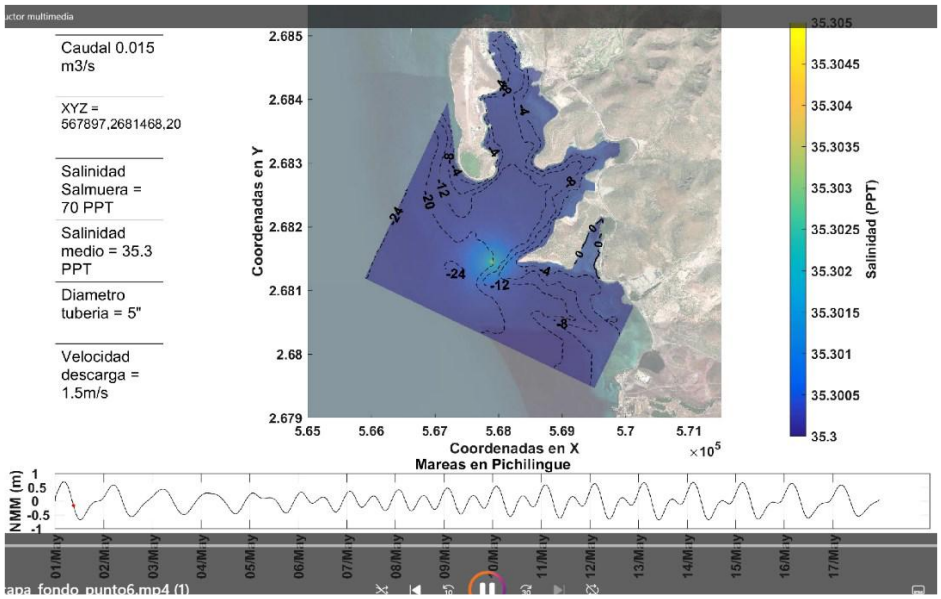


Figura 7.12 Captura de pantalla de modelación P6 (VI)



A lo largo de las seis simulaciones realizadas, se identificó un patrón consistente en las gráficas: aparece un punto muy reducido donde las salinidades máximas alcanzan 35.305 ppt. Este valor indica una leve dilución del agua en el área modelada.

✏️ La observación más destacable es que los niveles de salinidad inferiores a 36 ppt se presentan exclusivamente en un radio menor a los 50 metros desde el punto de liberación. Esta condición sugiere que el efecto de dilución es altamente localizado, sin propagación significativa hacia zonas más amplias de la malla numérica.

Toma de agua marina

Para garantizar la calidad del agua marina utilizada como fuente de alimentación para la Planta Desaladora de Ósmosis Inversa (PDOI), se recomienda que el punto de toma se ubique lo más alejado posible del área de interés ecológico de Balandra. Esta ubicación debe seleccionarse considerando zonas con óptimas condiciones de calidad del agua, es decir, con baja concentración de bacterias fecales y ausencia de compuestos ajenos al agua marina.

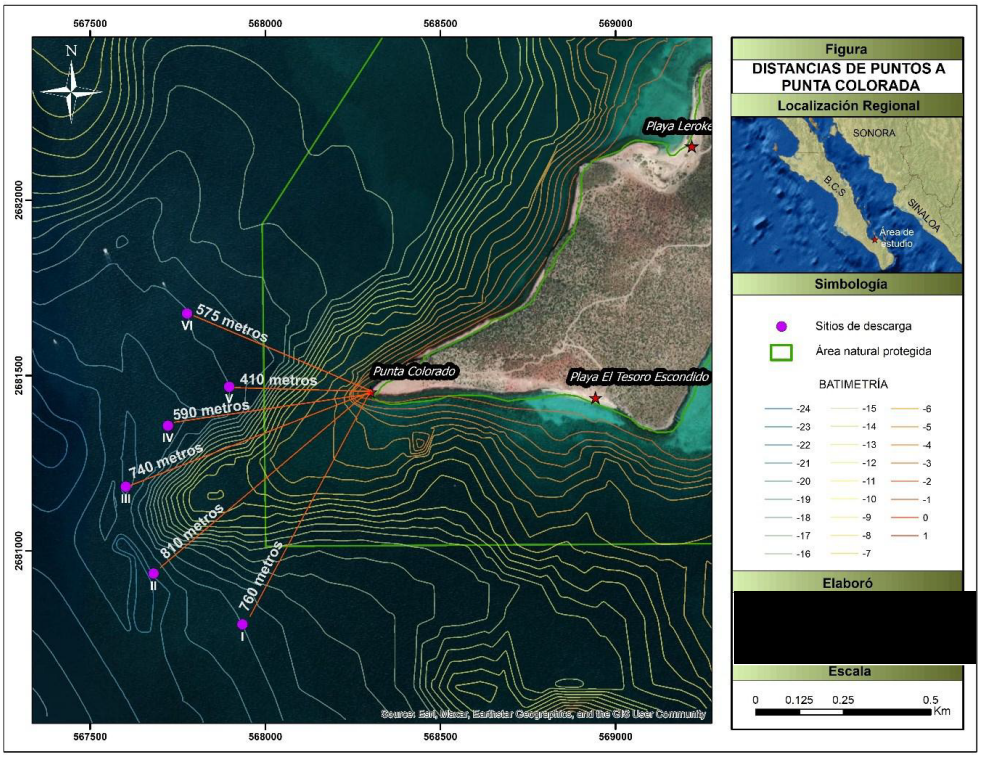
Durante los recorridos de campo realizados, se observó que las áreas más próximas al Puerto de Pichilingue presentan la proliferación de *Ulva lactuca*, un alga verde que, en muchas ocasiones, se asocia a la presencia de niveles elevados de materia orgánica. En consecuencia, se aconseja evitar la Bahía de Pichilingue y la Caleta Bahía Falsa como posibles puntos de captación, priorizando zonas más alejadas que aseguren condiciones más limpias y estables del recurso marino.

Figura 7.13 Área de playa El Tesoro, lado norte del proyecto.



Con los resultados de la modelación de los seis escenarios de descarga de agua de alta densidad ya disponibles, y tras constatar que las distancias de dispersión de la pluma eran similares en todos los casos, se realizó una comparación de las distancias entre los puntos de descarga y la Punta de Punta Colorada. Estas mediciones se presentan en la Figura 7.14.

Figura 7.14 Distancias de los puntos de evaluación (PI a PVI) al extremo de Punta Colorada.



La distancia entre cada uno de los puntos analizados reviste gran importancia, ya que incide directamente en la longitud de la tubería requerida, lo cual repercute tanto en los costos de construcción como en los gastos futuros de mantenimiento de la infraestructura.

Además de la distancia al extremo de Punta Colorada, otro parámetro clave considerado en este estudio es la proximidad de cada sitio modelado —en los seis escenarios simulados— al límite del Área de Interés de Balandra. Estas distancias permiten evaluar el potencial impacto ambiental y optimizar el trazado del sistema de descarga.

En la Tabla 7.7se observan las consideraciones que se tomaron para elegir los puntos de descarga de salmuera y de toma de agua marina.

Tabla 7.7 Comparativa de ventajas y desventajas de los sitios modelados

SITIO	DISTANCIA A P.C. (m)	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PI	750	Mejor sitio para colocar la toma de agua para la PDOI. Distancia al punto III mayor a 500 metros. Profundidad -20 metros, menor incidencia de luz y menor probabilidad de entrada de organismos planctónicos a las tuberías de llamada.	
PII	800		Es el sitio más alejado de Punta Colorada.

SITIO	DISTANCIA A P.C. (m)	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PIII	758	Distancia al límite del área de interés de Balandra (AIB): 420 m. El sustrato rocoso podría ayudar a prevenir de problemas de arrastre de anclas de embarcaciones. Profundidad -22 metros. Lo cual fomenta la salida de agua de alta densidad a las capas más profundas.	
PIV	591		Muy cercano al límite del AIB (distancia 280m).
PV	412		Muy cercano el límite del AIB (distancia 93m).
PVI	591		Muy cerca de la ruta de entrada a Puerto de Pichilingue

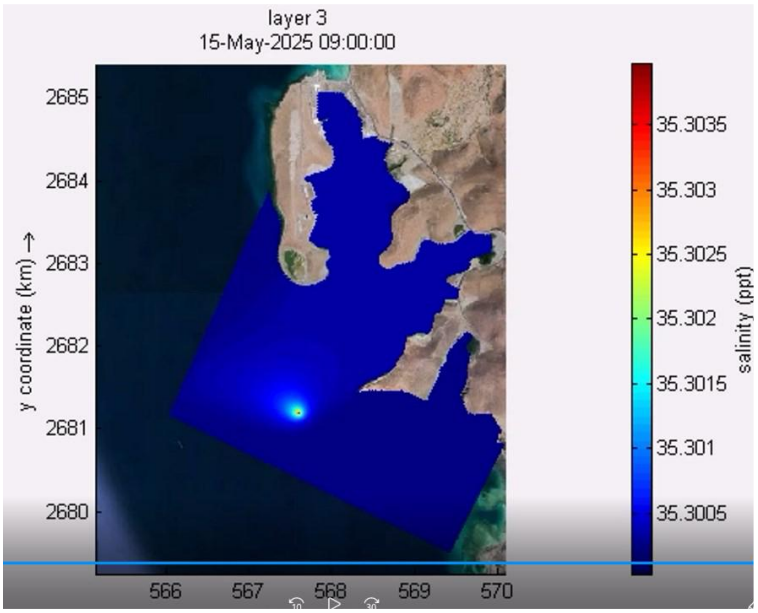
Una vez seleccionados los puntos más adecuados para la toma y descarga, se procedió a realizar nuevas modelaciones considerando dichos sitios. A continuación, se presentan las capturas de pantalla correspondientes a los escenarios simulados para la temporada de primavera-verano.

Sitio seleccionado para la descarga de agua de la PDOI

El sitio PIII fue identificado como la ubicación geográfica óptima para la descarga de agua de alta densidad generada por el proceso de la PDOI, debido a las siguientes ventajas:

- Se encuentra a 758 metros de Punta Colorada, lo que proporciona una distancia segura respecto a zonas sensibles.
- Está ubicado a 420 metros del límite del Área de Interés de Balandra (LAIB), ofreciendo un margen adecuado para que la pluma de descarga se mantenga alejada de dicho límite, bajo las condiciones de primavera-verano simuladas.
- La presencia de sustrato rocoso en la zona probablemente contribuye a reducir el riesgo de arrastre de embarcaciones y brinda mayor protección a la infraestructura.
- Con una profundidad de -22 metros y características de alta densidad, la pluma de descarga favorece la dilución hacia el fondo, alejándose naturalmente tanto de Punta Colorada como de los esteros y zonas de manglar cercanas.
- Las modelaciones realizadas indican la existencia de una corriente constante que se desplaza desde el sur de Punta Colorada en dirección noroeste y oeste, lo que también favorece la dispersión controlada de la descarga.

Figura 7.15 Captura de pantalla de simulación en Punto III



Sitio seleccionado para la toma de agua de la PDOI

El Punto I fue elegido como ubicación óptima para la toma de agua marina que abastecerá el proceso de la PDOI, gracias a los siguientes atributos:

- Se encuentra alejado de la zona de influencia del Puerto de Pichilingue y de las áreas identificadas con alta concentración de materia orgánica, detectada por la presencia de la especie indicadora *Ulva lactuca*.

- Durante la temporada primavera-verano, correspondiente al periodo de modelación, no se observó evidencia de corrientes con dirección de oeste a este lo que sugiere que el agua descargada desde el Punto III no alcanzaría el área de toma.

- Las modelaciones revelan una corriente persistente que fluye desde el área sur de Punta Colorada en dirección noroeste y oeste, favoreciendo la separación entre ambos puntos.

- Existe una distancia superior a 500 metros entre el Punto I (toma) y el Punto III (descarga), lo cual refuerza la seguridad operacional y minimiza el riesgo de interferencia entre ambas zonas.

7.7. PRONÓSTICO AMBIENTAL.

En las últimas décadas, el municipio de La Paz ha experimentado un alto crecimiento, acompañado de una reducción significativa en la superficie de vegetación natural, en particular del manglar. Esta tendencia, que se prevé continúe en el futuro, refleja un proceso de deterioro en el Sistema Ambiental Regional (SAR). Dado que el crecimiento del turismo es inevitable, resulta fundamental implementar estrategias que mitiguen estas problemáticas y eviten su agravamiento.

Si bien se reconoce que las actividades del proyecto pueden generar impactos sobre los elementos del SAR, en su mayoría estos serán temporales. Además, se ha comprobado que se contemplan medidas de mitigación, compensación y, sobre todo, prevención, con el objetivo de evitar desequilibrios ecológicos.

Cabe destacar que el desarrollo del proyecto establecerá las bases de un plan regulatorio orientado a promover un crecimiento ordenado y sustentable a corto, mediano y largo plazo, evitando la sobre densificación. Asimismo, el proyecto evolucionará en función de las necesidades de la zona, impulsando la actividad económica y el desarrollo social, lo que se prevé como un impacto positivo para la región.

2025

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL. PUNTA LA PAZ



CAPÍTULO 8

IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Contenido

8.1. INTRODUCCIÓN 2

8.2. CARTOGRAFÍA 2

8.3. FOTOGRAFÍA 2

8.4. VIDEOS 2

8.5. OTROS ANEXOS 2

8.6. METODOLOGÍA 3

8.6.1. Metodología empleada para la Caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica para el proyecto 3

8.6.2. Caracterización de la Vegetación 18

8.6.3. Caracterización de fauna 24

8.6.4. Metodología para la evaluación de impactos ambientales 25

CAPÍTULO 8. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

8.1. INTRODUCCIÓN

La fracción VIII Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente señala que se deben identificar los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información presentada en la MIA-R, en atención a esta disposición, en este capítulo se presenta una descripción sintética de las estrategias metodológicas y técnicas especializadas empleadas, las cuales sustentan los resultados, interpretación, evaluación y conclusiones del desarrollo del Proyecto.

8.2. CARTOGRAFÍA

La información cartográfica que se ha incorporado en cada capítulo de esta MIA-R ha sido generada para el proyecto a partir de diversas fuentes: datos públicos de INEGI, CONABIO, CONANP, ordenamientos territoriales de los tres órdenes de gobierno, así como, los que cada especialista generó para los estudios de línea base ambiental.

8.3. FOTOGRAFÍA

Para este proyecto la fotografía satelital fue una herramienta que sirvió de soporte para la obtención de información particular del predio del Proyecto, como la obtención de imágenes históricas y fue una base para los estudios técnicos realizados. Este material se ha incorporado al anexo cartográfico.

8.4. VIDEOS

No se contempló este formato de presentación de la información.

8.5. OTROS ANEXOS

Como parte del contenido de esta MIA-R a lo largo de los 8 Capítulos se presenta información complementaria como anexos que incluyen de manera detallada la metodología empleada para diferentes análisis.

8.6. METODOLOGÍA

La metodología empleada para los análisis presentados en los diferentes capítulos de la MIA-R se presenta integrada al texto o bien como parte de los anexos. A continuación, se detalla la localización de la metodología empleada.

Tabla 8.1. Desglose de la localización de la descripción de la metodología empleada para los diferentes análisis.

Documento	Metodología presentada
Anexo 4.1. Caracterización, hidrológica, Hidrogeológica y Hidrogeológica	Método de los polígonos de Thiessen Metodología simplificada y adecuada para la estimación de la erosión del suelo
Anexo 4.2. Caracterización de flora y fauna	Caracterización de flora y fauna
Anexo 4.5 Modelación de los escenarios de descarga	

8.6.1. Metodología empleada para la Caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica para el proyecto

El estudio detalla las actividades de gabinete y campo realizadas por la empresa Investigación y Desarrollo de Acuíferos y Ambiente S.A. de C.V. (IDEAS), durante el periodo comprendido entre febrero y marzo de 2025, en el marco del proyecto Punta La Paz, ubicado en el municipio de La Paz, Baja California Sur. Los objetivos y metas establecidos se derivan de los requerimientos solicitados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y de la opinión técnica emitida por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). En este sentido, los estudios tienen como finalidad sustentar los componentes relacionados con la hidrología superficial y subterránea, así como con el flujo ecohidrológico del sistema.

Las actividades programadas y ejecutadas incluyeron:

- El estudio hidrológico del área, mediante la evaluación, modelación y análisis de las microcuencas que influyen en el comportamiento del agua superficial dentro del área de estudio.
- La caracterización de la hidrología subterránea, que abarcó el levantamiento de un censo de aprovechamientos, la medición de niveles de agua (piezometría), el muestreo de agua superficial, así como la obtención de la estratigrafía tanto superficial como subterránea.
- La identificación de las estructuras geológicas que conforman las unidades hidrogeológicas del subsuelo, lo cual se logró mediante la ejecución de sondeos electromagnéticos (TEM).

Con base en esta información, y considerando la calidad del agua, se definió la condición actual de la interacción entre los sistemas superficial y subterráneo, que en la zona litoral

sostiene el medio lagunar asociado a los manglares. A continuación, se describen las metodologías específicas empleadas a lo largo del estudio.

Polígonos de Thiessen

Para obtener la lluvia media de la cuenca, se aplicó el método de los polígonos de Thiessen.

El método de los polígonos de Thiessen, consiste en asignar a cada estación una zona de influencia limitada por rectas que bisecan a las líneas que unen las estaciones más próximas entre sí y que son normales a dichas líneas y por el parteaguas de la cuenca. De este modo se forman los llamados polígonos de Thiessen (**Figura 8.*1***). La lluvia media se calcula entonces como un promedio pesado de las precipitaciones registradas en cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente, esto se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T}\sum_{i=1}^{n} A_i h_{pi}$$

Donde:

$\overline{h_p} = Lluvia\ media\ buscada\ (mm)$

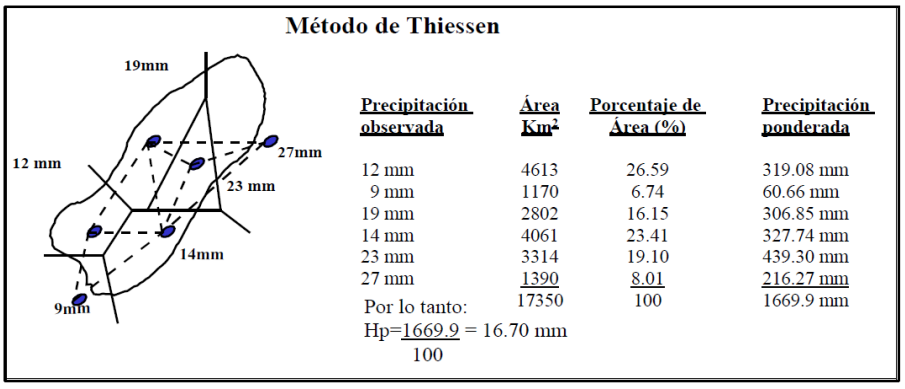
$A_T = Área\ total\ de\ la\ cuenca\ (km^2)$

$n = Número\ de\ estaciones$

$A_i = Área\ de\ influencia\ de\ la\ estación\ i\ (\%)$

$h_{pi} = Precipitación\ de\ la\ estación\ i\ (mm)$

Figura 8.1. Lluvia media con el método de Thiessen (ejemplo).

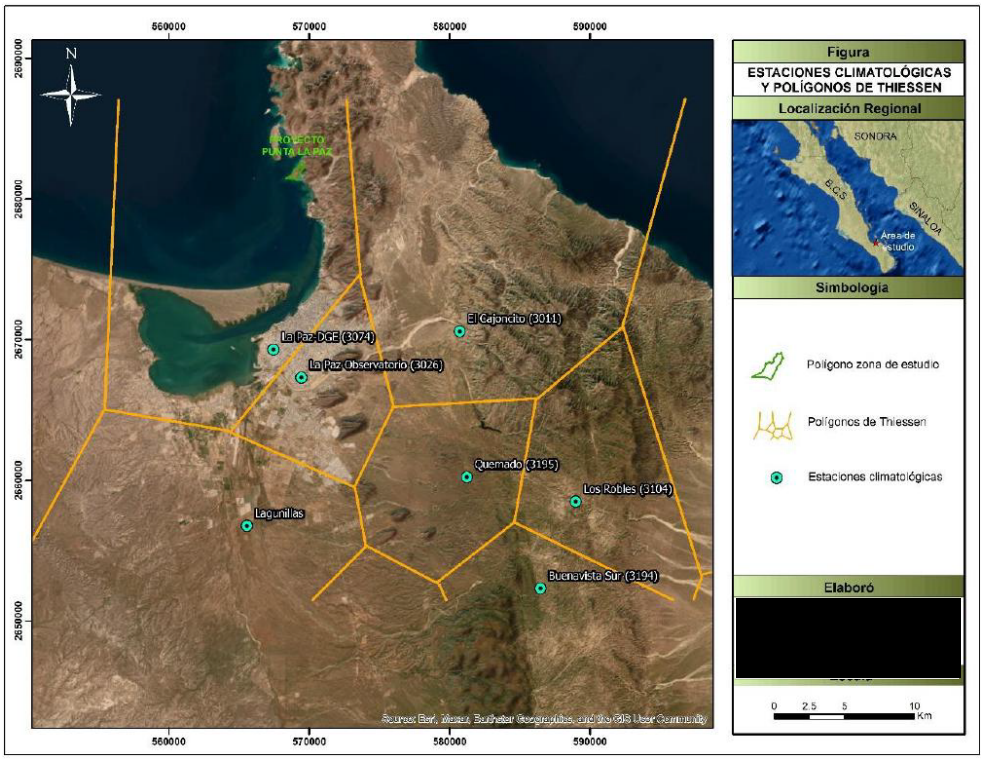


El método de los polígonos de Thiessen sí toma en cuenta la distribución de las estaciones en el área de la cuenca, pero no los factores topográficos y de otro tipo que afectan a la distribución de la lluvia; este método es, sin embargo, más conveniente que el de las isoyetas, desde el punto de vista práctico, particularmente para cálculos repetitivos como

cuando se analiza una gran cantidad de tormentas, pues los polígonos no cambian a menos que se agreguen o eliminen estaciones.

En la Figura 8.2 se presentan las estaciones climatológicas y los Polígonos de Thiessen en la zona de estudio.

Figura 8.2. Estaciones climatológicas y Polígonos de Thiessen.



Fuente: (caracterización hidrológica, hidrogeológica y ecohidrológica, 2025).

Con base en los Polígonos de Thiessen, la estación con influencia en la zona del proyecto es La Paz-DGE (3074), con un 100%, por lo que se utilizaron sus datos en el análisis hidrometeorológico de las microcuencas. Los períodos con datos faltantes fueron complementados a partir de la información de las estaciones vecinas más próximas, utilizando el método del U.S. National Weather Service.

Considerando los datos de la estación La Paz-DGE, con la serie completa para el período 1965 a 2024, se obtuvieron las variables climatológicas, tales como precipitación y temperatura.

En la Tabla 8.2 se presenta los datos de lluvias totales y temperaturas medias anuales; **la precipitación media es de 186.7 mm y la temperatura media es de 24.2°C.**

Tabla 8.2. Precipitación total y temperatura media en la zona de estudio.

Año	Lluvia media (mm)	Temp media (°C)	Año	Lluvia media (mm)	Temp media (°C)
1965	129.5	23.5	**1995**	104.2	24.1
1966	205.1	23.1	**1996**	168.5	24.4

Año	Lluvia media (mm)	Temp media (°C)	Año	Lluvia media (mm)	Temp media (°C)
1967	94.4	23.4	**1997**	174.1	25.2
1968	133.3	23.1	**1998**	257.9	24.8
1969	107.7	23.3	**1999**	50.8	24.6
1970	75.3	23.5	**2000**	91.0	24.1
1971	139.2	23.0	**2001**	319.3	24.1
1972	365.0	24.0	**2002**	123.9	25.1
1973	121.0	22.8	**2003**	304.1	25.4
1974	167.0	22.5	**2004**	157.2	25.1
1975	106.1	21.8	**2005**	153.5	25.4
1976	368.8	22.3	**2006**	179.6	26.0
1977	38.5	22.9	**2007**	125.9	25.2
1978	113.0	23.2	**2008**	130.4	25.7
1979	205.2	22.2	**2009**	191.1	26.0
1980	62.1	23.3	**2010**	27.6	25.2
1981	219.8	23.3	**2011**	48.7	25.5
1982	357.3	22.8	**2012**	286.3	25.6
1983	274.5	22.9	**2013**	170.9	25.6
1984	481.6	22.8	**2014**	301.6	26.8
1985	56.8	22.4	**2015**	231.2	26.0
1986	198.5	23.0	**2016**	174.9	26.2
1987	124.1	22.6	**2017**	521.2	26.1
1988	35.0	22.6	**2018**	362.5	26.2
1989	242.2	22.8	**2019**	191.0	25.5
1990	222.0	22.5	**2020**	88.7	26.0
1991	214.8	22.6	**2021**	207.8	25.5
1992	134.4	24.2	**2022**	135.5	25.2
1993	189.6	24.1	**2023**	523.8	25.8
1994	197.7	24.6	**2024**	17.2	25.7
			Promedio	**186.7**	**24.2**

Estimación de la erosión del suelo

Se realizó la evaluación de la erosión actual y potencial con base en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), desarrollada por Wischmeier and Smith (1965) para estimar la pérdida de suelo promedio anual.

La EUPS es un modelo empírico, en el que la pérdida de suelo está expresada como masa por unidad de área por unidad de tiempo y es una función del efecto combinado de seis

factores: Factor de erosividad de la lluvia (R); Factor de erosionabilidad del suelo (K); Factor longitud de pendiente (L); Factor grado de la pendiente (S); Factor manejo del cultivo (C) y Factor prácticas de conservación (P). La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo ayuda a predecir las variaciones en la erosión en función de los cambios en el uso y manejo del suelo y vegetación, a la vez que auxilia en la selección de éstos.

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) es:

E = R K L S C P

Donde:

E = Erosión del suelo ton/ha año.

R = Erosividad de la lluvia. Mj/ha mm/hr

K = Erosionabilidad del suelo.

LS = Longitud y Grado de pendiente.

C = Factor de vegetación

P = Factor de prácticas mecánicas.

La erosión potencial se estima como: ***Ep = R K LS***

Los factores que intervienen en la erosión potencial se consideran como inmodificables.

La erosión actual se estima utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, que considera los factores inmodificables R K LS. Los factores de protección como son la vegetación y las prácticas y obras de manejo para reducir las pérdidas de suelo se pueden modificar.

Para utilizar este modelo, se han propuesto diferentes metodologías para estimar cada una de las variables; sin embargo, la aplicación de algunas de ellas en el campo es difícil de realizar por no contar con la información necesaria. Para evitar estos problemas, se aplicará una metodología simplificada y adecuada para utilizarse en nuestro país.

La erosividad (R) se puede estimar utilizando la precipitación media anual de la región bajo estudio. De acuerdo con este procedimiento se elaboraron modelos de regresión donde a partir de datos de precipitación anual (P) se puede estimar el valor de R de la EUPS.

Tabla 8.3. Ecuaciones para estimar la Erosividad de la lluvia "R" en la República Mexicana.

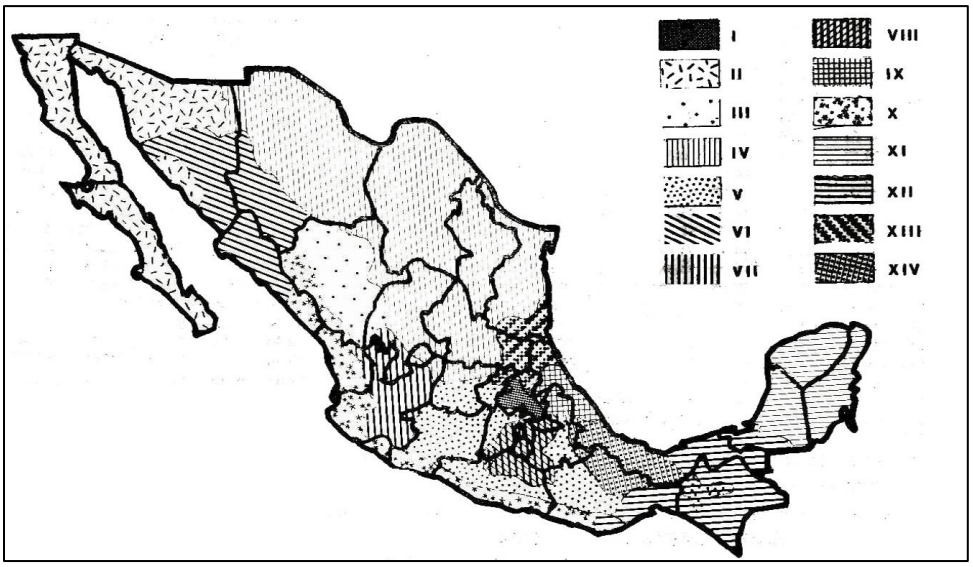
Región	Ecuación					R^2
I	R	=	1.2078P	+	$0.002276P^2$	0.92
II	R	=	3.4555P	+	$0.006470P^2$	0.93
III	R	=	3.6752P	-	$0.001720P^2$	0.94
IV	R	=	2.8559P	+	$0.002983P^2$	0.92

V	R	=	3.4880P	-	$0.00088P^2$	0.94
VI	R	=	6.6847P	+	$0.001680P^2$	0.9
VII	R	=	-0.0334P	+	$0.006661P^2$	0.98
VIII	R	=	1.9967P	+	$0.003270P^2$	0.98
IX	R	=	7.0458P	-	$0.002096P^2$	0.97
X	R	=	6.8938P	+	$0.000442P^2$	0.95
XI	R	=	3.7745P	+	$0.004540P^2$	0.98
XII	R	=	2.4619P	+	$0.006067P^2$	0.96
XIII	R	=	10.7427P	-	$0.00108P^2$	0.97
XIV	R	=	1.5005P	+	$0.002640P^2$	0.95

Se selecciona la región bajo estudio en el mapa de la República donde existen 14 regiones.

El área de proyecto se encuentra en la Región II; aplicando la ecuación correspondiente y una precipitación media anual de 186.7 mm, se tiene una Erosividad R de 870.7 Mj/ha mm/hr.

Figura 8.3. Mapa de regiones con igual Erosividad en la República Mexicana.



Erosionabilidad (K). La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende del tamaño de las partículas del suelo, del contenido de materia orgánica, de la estructura del suelo en especial del tamaño de los agregados y de la permeabilidad. Para su estimación se utilizan fórmulas complicadas; para condiciones de campo se recomienda el uso de la Tabla 3.4, para que, con datos de la textura de los suelos y contenido de materia orgánica, se estima el valor de erosionabilidad (K).

Tabla 8.4. Valores de erosionabilidad de los suelos (K) estimado en función de la textura y el contenido de materia orgánica (Morgan 1985).

Textura	% de materia orgánica		
	0-0.5	0.5-2	2-4
Arcillo arenosa	0.014	0.013	0.012
Arcillo limosa	0.025	0.023	0.019
Arena	0.005	0.003	0.002
Arena fina	0.016	0.014	0.01
Arena fina migajosa	0.024	0.02	0.016
Arena migajosa	0.012	0.01	0.008
Arena muy fina	0.042	0.036	0.028
Arena muy fina migajosa	0.044	0.038	0.03
Limo	0.06	0.052	0.042
Migajón	0.038	0.034	0.029
Migajón arcillo arenosa	0.027	0.025	0.021
Migajón arcillo limosa	0.037	0.032	0.026
Migajón arcillosa	0.028	0.025	0.021
Migajón arenosa	0.027	0.024	0.019
Migajón arenosa fina	0.035	0.03	0.024
Migajón arenosa muy fina	0.047	0.041	0.033
Migajón limoso	0.048	0.042	0.033
Arcilla	0.013 - 0.029		

Para la región de proyecto Punta La Paz predomina el tipo de suelos Leptosol, los cuales, de acuerdo con el INEGI, son:

Leptosol: Anteriormente están incluidos en el grupo de los Litosoles, del griego Lithos, piedra. Actualmente representan suelos con menos de 25 cm de espesor o con más de 80% de su volumen ocupado por piedras o gravas. Son muy susceptibles a la erosión. Se localizan generalmente en las zonas montañosas con más de 40% de pendiente como las sierras La Giganta, Del Burro, La Paila, San Carlos, del Pinacate y la Sierra Lacandona. Los tipos de vegetación más relacionados con los afloramientos rocosos son el matorral desértico rosetófilo, la selva baja caducifolia y el bosque de encino. El uso principal de este suelo es para agostadero. De acuerdo con la clasificación del INEGI, la clase textural en la zona de estudio corresponde a Gruesa (1), la cual corresponde a suelos arenosos con más de 70% de arena, con menor capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas.

Por lo anterior, si consideramos que la textura del suelo corresponde a arena y los contenidos de materia orgánica entre 0.5% y 2%, el valor de K sería de 0.003.

Longitud y Grado de pendiente (LS). Este factor considera la longitud y el grado de pendiente. La pendiente media del terreno se obtiene dividiendo la diferencia de elevación del punto más alto del terreno al más bajo entre la longitud del mismo.

S= (Hf-Hi)/L *100

Donde:

S = Pendiente media del terreno (%).

Hf = Altura mayor del terreno (m).

Hi = Altura menor del terreno (m)

L = Longitud del terreno (m).

Considerando las curvas de nivel obtenidas del levantamiento topográfico para las microcuencas que impactan en los terrenos del proyecto, se obtienen los parámetros de elevación Ha y Hb, así como la longitud L, para obtener la pendiente media del terreno en cada microcuenca.

Para calcular LS (el factor de grado y longitud de la pendiente) se puede utilizar la siguiente formula:

$LS = (\lambda)m\ (0.0138 + 0.00965\ S + 0.00138\ S2)$

Donde:

LS = Factor de grado y longitud de la pendiente.

λ = Longitud de la pendiente.

S = Pendiente media del terreno.

m = Parámetro cuyo valor es 0.5

Considerando los valores de longitud de la pendiente, la pendiente media del terreno y el parámetro m de 0.5, el valor de LS resultante se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 8.5. Factor de grado y longitud de la pendiente (LS) en las microcuencas.

Parámetro	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
Factor de grado y longitud de la pendiente, LS	8.710	11.733	7.035	0.760	8.058

Estimación de la Erosión Potencial. Considerando que R es igual a 870.7, que K es igual a 0.003 y que LS variable para cada microcuenca como fueron determinados previamente, la erosión potencial se estima sustituyendo estos valores en la ecuación correspondiente, como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 8.6. Erosión potencial (Ep) en las microcuencas.

Parámetro	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5

Erosión potencial, Ep (t/ha/año)	22.7	30.6	18.4	2.0	21.0

La erosión potencial indica que si no existe cobertura del suelo (suelo desnudo) y no se tienen prácticas de conservación del suelo y del agua, se pierden entre 2.0 y 30.6 ton/ha por año, lo que significa que anualmente se pierde una lámina de suelo entre de 0.2 y 3.1 mm (considerando que 1 mm de suelo es igual a 10 t/ha de suelo).

Estimación de la Erosión Actual. A diferencia de la erosión potencial, la actual evalúa el efecto de la cobertura vegetal y de las prácticas mecánicas, en caso de existir (factores C y P). Para estimar la erosión anual es necesario determinar la protección del suelo que le ofrece la cubierta vegetal y la resistencia que oponen las prácticas mecánicas para reducir la erosión de tal forma que, si a la erosión potencial le incluimos los factores C y P, en caso de existir, entonces se puede estimar la erosión actual utilizando la ecuación.

E= R K L S C P

Factor de protección de la vegetación (C). El factor de protección (C) se estima dividiendo las pérdidas de suelo de un lote con un cultivo de interés y las pérdidas de suelo de un lote desnudo. Los valores de C son menores que la unidad y en promedio indican que a medida que aumenta la cobertura del suelo el valor de C se reduce y puede alcanzar valores similares a cero. Los valores de C que se reportan para diferentes partes del mundo y para México se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8.7. Valores de C que se pueden utilizar para estimar pérdidas de suelo.

Cultivo	Nivel de Productividad		
	Alto	Moderado	Bajo
Maíz	0.54	0.62	0.8
Maíz labranza cero	0.05	0.1	0.15
Maíz rastrojo	0.1	0.15	0.2
Algodón	0.3	0.42	0.49
Pastizal	0.0	0.01	0.1
Alfalfa	0.02	0.05	0.1
Trébol	0.03	0.05	0.1
Sorgo grano	0.43	0.55	0.7
Sorgo grano rastrojo	0.11	0.18	0.25
Soya	0.48		
Soya después de maíz con rastrojo	0.18		
Trigo	0.15	0.38	0.53
Trigo rastrojo	0.1	0.18	0.25
Bosque natural	0.0	0.01	0.1
Sabana en buenas condiciones	0.01	0.54	
Sabana sobrepastoreada	0.1	0.22	
Mijo	0.4 a 0.9		
Arroz	0.1 a 0.2		
Tabaco	0.5 a 0.7		
Cacahuate	0.4 a 0.8		
Palma	0.1 a 0.3		
Café	0.1 a 0.3		
Cacao	0.1 a 0.3		
Piña	0.1 a 0.3		

En las microcuencas de la zona de proyecto Punta La Paz, en condiciones actuales la vegetación es de tipo matorral; para estimar la erosión del suelo considerando que en el terreno exista una cobertura vegetal moderada, entonces el valor de C sería de 0.01; sustituyendo valores, la Erosión Actual quedaría como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8.8. Valores de la Erosión actual (E) en las microcuencas.

Parámetro	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
Area (ha)	78.9	7.8	24.5	4.7	5.9
Erosividad de la lluvia, R (Mj/ha mm/hr)	870.7	870.7	870.7	870.7	870.7
Erosionabilidad, K	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Pendiente media del terreno, S	0.10086	0.17368	0.10615	0.02222	0.17647
Factor de grado y longitud de la pendiente, LS	8.710	11.733	7.035	0.760	8.058
Erosión potencial, Ep (t/ha/año)	22.7	30.6	18.4	2.0	21.0
Factor de protección del suelo, C	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Erosión actual, E (t/ha/año)	0.227	0.306	0.184	0.020	0.210

Método del Coeficiente de Escurrimiento

Se llevó a cabo un análisis considerando el Método del Coeficiente de Escurrimiento. En el caso de que en la cuenca en estudio no se cuente con suficiente información de registros hidrométricos o no existan estaciones hidrométricas, para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural se puede aplicar el método indirecto denominado Precipitación-Escurrimiento, que está dado por la siguiente expresión:

Volumen anual de escurrimiento natural = precipitación media anual de la cuenca * área de la cuenca * coeficiente de escurrimiento

Cp = Hp * A * Ce

Donde:

Escurrimiento por cuenca propia (Cp), hm3

Área de la cuenca en estudio (A), km2

Lluvia media anual en la cuenca (Hp), m

Coeficiente de escurrimiento (Ce), adimensional

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, el rango de validez establece que las fórmulas se considerarán válidas para valores de precipitación anual entre 350 y 2,150 mm.

El coeficiente de escurrimiento, se determina de manera indirecta en función del tipo y uso de suelo de la cuenca en estudio; a partir del criterio del USCS y por medio del valor de K. Con apoyo de cartografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y de visitas de campo, se clasifican los suelos de la cuenca en estudio, de acuerdo con los tres diferentes tipos: A (suelos permeables); B (suelos medianamente permeables); y C (suelos casi impermeables), que se especifican en la Tabla 8.8 y se determina el uso actual del suelo. En el caso de que, en la cuenca en estudio, existan diferentes tipos y usos de suelo, el valor de K se calcula como la resultante de subdividir la cuenca en zonas homogéneas y obtener el promedio de cada una de ellas. Dependiendo del valor obtenido para K, el coeficiente de escurrimiento (Ce), se calcula mediante las fórmulas siguientes:

Si K resulta menor o igual que 0.15 $Ce = K\,(P-250) / 2000$

Si K es mayor que 0.15 $Ce = K\,(P-250) / 2000 + (K - 0.15) / 1.5$

K: parámetro que depende del tipo y uso de suelo.

Ce: coeficiente de escurrimiento anual.

P: Precipitación media anual, en mm.

Tabla 8.9. Valores de k, en función del tipo y uso de suelo.

Uso de Suelo	Tipo de Suelo		
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.30
Cultivos:			
En hilera:	0.24	0.27	0.30
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.30
Granos pequeños	0.24	0.27	0.30
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75% -poco-	0.14	0.20	0.28
Del 50 al 75% -regular-	0.20	0.24	0.30
Menos del 50% -excesivo-	0.24	0.28	0.30
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.30
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.30	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.30

Tipo de Suelo	Características
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loes poco compactos
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad; loes algo más compactos que los correspondientes a los suelos Tipo A; terrenos migajosos.
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loes muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas

Con los datos anteriores se determinó el valor de K el cual resultó ser de 0.22. Utilizando el método del Coeficiente de Escurrimiento se obtuvo volumen.

Método de Langbein

En 1962, Langbein propuso un método que está basado en una relación entre p/Ft y V'/Ft, donde P es la precipitación media anual, V' el escurrimiento específico anual y F't es un factor de temperatura. Cuando P y V' se toman en milímetros y T, la temperatura media del año se expresa en °C, la expresión de Ft es la siguiente:

$$Ft = 10\,(0.027\,T + 1.886)$$

La relación entre P/Ft y V'/Ft está dada en la tabulación siguiente:

P/Ft	V'/Ft	P/Ft	V'/Ft	P/Ft	V'/Ft	P/Ft	V'/Ft
0	0.009	3	0.200	6	1.9	10	5.0
1	0.026	4	0.475	7	2.7	12	7.0
2	0.075	5	1.000	8	3.4	14	9.0

Aunque la relación propuesta por Langbein está basada en datos de Los Estados Unidos de América, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) considera que las relaciones tienen probablemente una aplicación mundial, sobre todo cuando se trabaja con el método a nivel anual; este método se considera más confiable en zonas secas que en regiones cálido húmedas.

Método del transporte de información hidrométrica

El método del transporte de información hidrométrica está basado en la similitud de cuencas. Estos criterios se fundamentan en la similitud climática y fisiográfica entre cuencas para estimar los volúmenes anuales en una cuenca, a partir de la información registrada en otra (cuenca auxiliar). El caso más simple se tiene cuando el lugar donde se requiere la información está próximo a una estación de aforos que se ubica dentro de la misma corriente. En este caso se puede utilizar una relación de áreas para inferir los escurrimientos, mediante la siguiente expresión.

$$\text{Volumen estimado} = \frac{\text{Área de la cuenca sin datos}}{\text{Área de la cuenca de la estación hidrométrica}} * \text{Volumen escurrido en la estación hidrométrica}$$

Cuando las cuencas no son colindantes, pero están próximas y dentro de la misma región fisiográfica, se propone tomar en cuenta la lluvia anual para realizar el transporte de información hidrométrica, esto es.

$$Vx = F1 \frac{Px * F2}{Pd * F3} Vd$$

Donde:

Vx = Volumen anual transportado, en hm3.

F1 = Factor de transporte obtenido de la relación de áreas entre la cuenca sin datos y la cuenca con datos, adimensional.

Px = Precipitación anual en la estación pluviométrica auxiliar de la cuenca sin aforos, en mm.

Pd = Precipitación anual en la estación pluviométrica auxiliar de la cuenca con aforos, en mm.

F2 = Factor de transporte, igual al cociente entre la lluvia media anual en la cuenca sin datos y la lluvia media anual de su estación pluviométrica auxiliar, adimensional.

F3 = Factor de transporte, igual al cociente entre la lluvia media anual en la cuenca con aforos y la lluvia media anual de su estación pluviométrica auxiliar, adimensional.

Vd = Volumen anual en la estación hidrométrica, en hm3.

En general, la ecuación anterior es válida solo si las cuencas presentan una gran similitud en cobertura vegetal, altitud, fisiografía, tipos de suelos, etc.

Se aplicó esta metodología considerando que las microcuencas del proyecto Punta La Paz se localizan en la misma región hidrológica de la cuenca hidrológica El Coyote, y se estimaron los escurrimientos en las microcuencas partir de los escurrimientos por cuenca propia de El Coyote, con una relación de áreas.

De acuerdo con la disponibilidad de aguas superficiales publicada en el Diario Oficial de la Federación en diciembre de 2023, el escurrimiento natural (Cp) en la cuenca El Coyote, es de 3.875 millones de m^3 anuales, con un área de 274.49 km^2. En la siguiente tabla se muestra el volumen de escurrimiento medio anual publicado en el DOF.

Tabla 8.10. Escurrimiento natural en la cuenca El Coyote, B.C.S.

Sistema	Cuenca	Nombre y descripción	Cp (hm^3/año)
El Coyote	608	El Coyote: comprende desde el nacimiento del Arroyo Casas Viejas hasta su desembocadura en el Mar de Cortés	3.875

Aplicando el método del transporte de información hidrométrica mediante una relación de áreas, se tiene un volumen medio anual en las microcuencas como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 8.11. Escurrimiento medio anual en las microcuencas a partir del escurrimiento en la cuenca El Coyote.

El Coyote (área)	**1424.725**	**km^2**
El Coyote (escurrimiento)	21.501	hm^3
	21,501,000	m^3
Cuenca C-1	0.789	km^2

Coef. Cuenca C-1	0.00055	
Escurrimiento Cuenca C-1	0.012	hm^3
	11,907	m^3
Cuenca C-2	0.078	km^2
Coef. Cuenca C-2	0.00005	
Escurrimiento Cuenca C-2	0.001	hm^3
	1,177	m^3
Cuenca C-3	0.245	km^2
Coef. Cuenca C-3	0.00017	
Escurrimiento Cuenca C-3	0.004	hm^3
	3,697	m^3
Cuenca C-4	0.047	km^2
Coef. Cuenca C-4	0.00003	
Escurrimiento Cuenca C-4	0.001	hm^3
	709	m^3
Cuenca C-5	0.059	km^2
Coef. Cuenca C-5	0.00004	
Escurrimiento Cuenca C-5	0.001	hm^3
	890	m^3

Evotranspiración real

La evaporación es el proceso mediante el cual el agua cambia del estado líquido al gaseoso debida a la radiación solar. Se denomina evapotranspiración a la evaporación procedente de la superficie del agua, el suelo, la nieve, el hielo, la vegetación y de otras superficies, más la transpiración (OMM, Guía de Prácticas Hidrológicas, 1994); se estima que en este proceso del ciclo hidrológico entre el 75 y 90 % de la precipitación total anual que ocurre sobre los continentes retorna a la atmósfera en forma de vapor.

La evapotranspiración está compuesta por la evaporación en superficie junto con la transpiración de las plantas. La evaporación del agua por las plantas se debe a la necesidad de agua que estas tienen para incorporarla a su estructura celular, además de utilizarla como elemento de transporte de alimentos y de eliminación de residuos.

Para estimar la evapotranspiración real (ETR) en el área de estudio, se utilizaron las ecuaciones empíricas de Turc y Coutagne.

Fórmula de Turc

Turc a partir de observaciones realizadas en 254 cuencas distribuidas por todos los climas del mundo, reporta la expresión siguiente:

$$ETR = \frac{P}{\left[0.9 + \left(\frac{P^2}{L^2}\right)\right]^{\frac{1}{2}}}$$

Donde:

ETR: Evapotranspiración real, en mm

P: Precipitación media anual, en mm

L: 300 + 25T + 0.05T3

T: Temperatura media anual, en °C

La limitación teórica de esta fórmula es que para P<0.31, L daría una ETR mayor que la precipitación, por lo tanto, en estos casos habrá que considerar a ETR=P.

Fórmula de Coutagne

Coutagne propuso la ecuación siguiente para calcular la evapotranspiración real:

ETR = P – λP2, con λ = 1.00/ (0.80+ 0.14 T)

La fórmula solo es aplicable para valores de la precipitación media anual (P) comprendidos entre 1/8λ y 1/2λ, estando ETR y P en metros, y T en °C. Si P es menor que 1/8λ la ETR es igual a la precipitación, es decir, no existe escurrimiento; si la precipitación es mayor que 1/2λ la ETR es prácticamente independiente de P y su valor está dado por la ecuación siguiente:

ETR = 0.20 + 0.035 T

En la Tabla 3.16 se presentan los resultados de la evapotranspiración real media anual obtenida con los métodos de Turc y Coutagne para el proyecto Punta La Paz, a partir de los datos de precipitación y temperatura media anual de la estación ubicada en La Paz, cercana al polígono del Proyecto.

Tabla 8.12. Evapotranspiración Real (ETR), métodos de Turc y Coutagne.

Temperatura (°C)	L	X (Coutagne)	Precipitación (mm)	Evapotranspiración	
				Turc (mm)	Coutagne (mm)
24.2	1613.6	0.23877746	186.7	195.4	178.4

Evapotranspiración Real adoptada

Teniendo en cuenta las limitaciones de cada uno de los métodos empíricos, se consideran apropiados los resultados arrojados por el método de Coutagne. La evapotranspiración real es de 178.4 mm, el 95.5 % de la precipitación.

Infiltración potencial

Una vez obtenidos los valores de los diferentes parámetros que intervienen en la ecuación de balance, se estimó el valor de la infiltración potencial en la superficie de las microcuencas analizadas en el proyecto Punta La Paz.

El coeficiente de infiltración potencial por lluvia se obtuvo través de un balance de agua superficial, para el cual se aplicó la siguiente expresión:

Infiltración = precipitación – evapotranspiración – escurrimiento

Método Electromagnético

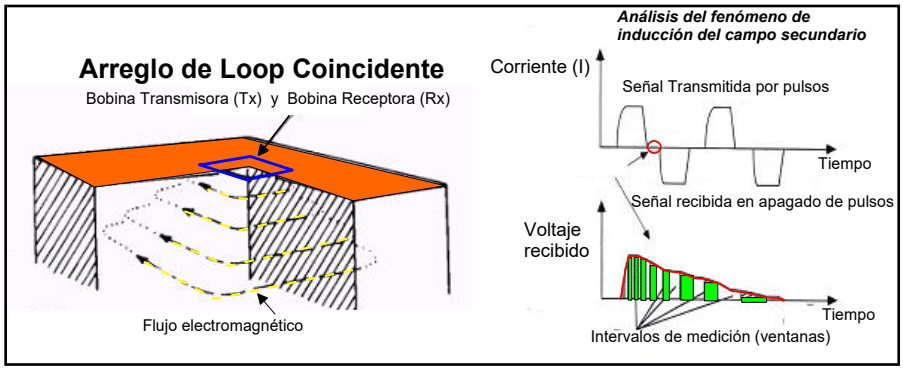
Con el método electromagnético aplicado (TEM) se pretende mostrar una caracterización resistiva del subsuelo. Debido a la gran resolución vertical que se obtiene con esta técnica, en los perfiles resistivos es posible observar las heterogeneidades (zonas anómalas) que pueden asociarse a estructuras geológicas, cambios granulométricos de facies sedimentarias y/o fracturamiento en la roca.

Además, la presencia del agua influye en el valor medido provocando cambios importantes en la resistividad eléctrica (que es el parámetro experimental de campo que se mide), lo que puede ser identificado también con este método.

Particularmente para este proyecto, la técnica del TEM (sondeo transitorio electromagnético), consistió en utilizar una espira o bobina que está construida por un cable en forma de cuadro con dimensiones de 50 x 50 m (área de la bobina 2,500 m^2), con el arreglo denominado “Single Loop" (Figura 8.4), es decir donde únicamente se utiliza una bobina, la cual actúa en ciertos instantes de tiempo como transmisora de la señal y en otros es receptora, con una resistencia de 2.1 ohms en el circuito, para lo cual se utilizó un cable de fabricación canadiense de 110 hilos; con estas características del arreglo se logró una intensidad de corriente de 5.3 amperes, esto para cumplir con los 600 m de investigación propuestos.

Una vez obtenida y verificada la información de campo, se inició el trabajo de gabinete el cual básicamente consiste en: 1) corrección de los datos geofísicos, 2) elaboración de modelos de curva de resistividad aparente (los modelos unicapa y multicapa, 3) configuración de los perfiles de resistividad, y 4) planos resistivos de elevación.

Figura 8.4. Arreglo de Loop coincidente utilizado en los sondeos.



Una vez obtenida y verificada la información de campo, se inició el trabajo de gabinete consistente en la corrección de los datos geofísicos y elaboración de modelos (los modelos unicapa y multicapa son mostrados en el Apéndice 2). Para la localización de los sitios de medición se utilizó un equipo GPS marca GARMIN, el cual proporciona las coordenadas geográficas (X, Y) y una elevación con un margen de error aceptable, para cada sitio de medición.

8.6.2. Caracterización de la Vegetación

La caracterización de la vegetación se realizó en base a los trabajos de campo llevados a cabo del 19 de marzo al 26 de marzo de 2025 (**Anexo 4.2**) , donde se analizó la composición florística y el estado de conservación de las especies presentes en el predio Punta La Paz, tomando en cuenta también la presencia de especies que se encuentran en la Norma Oficial Mexicana NOM 059 SEMARNAT 2025 y la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

Con el objetivo de conocer la composición, estructura y diversidad de la vegetación en el área de estudio, se llevó a cabo un estudio de caracterización de la flora empleando técnicas estandarizadas en ecología vegetal y estudios forestales. Para el diseño metodológico y la ejecución del muestreo, se consideraron diversas fuentes técnicas y científicas que orientaron tanto la selección de métodos como el análisis de los datos obtenidos.

Se tomaron como base los lineamientos establecidos por Mostacedo y Fredericksen (2000)[1], quienes presentan un compendio de métodos básicos para el muestreo y análisis en ecología vegetal, ampliamente utilizados en estudios de vegetación en zonas tropicales y subtropicales. Asimismo, se incorporaron las propuestas metodológicas de Carrillo (1989, 2010)[2] [3], las cuales aportan procedimientos prácticos para la realización de inventarios forestales, incluyendo la selección de parcelas, el levantamiento de datos y la estimación de variables estructurales como la cobertura, densidad y frecuencia.

Para complementar estos enfoques, se consultó el manual técnico de Lorena (2002)[4], orientado al desarrollo de inventarios forestales en bosques latifoliados de América Central, el cual ofrece herramientas útiles para la planificación del muestreo en ecosistemas con alta heterogeneidad florística. Finalmente, se consideró el trabajo de Reyna (2021)[5], quien documenta la estructura y diversidad del matorral xerófilo en el noreste de México, sirviendo como referencia comparativa para interpretar los resultados obtenidos en zonas áridas y semiáridas.

Estudio de vegetación

Para la realización del estudio de vegetación se usó el método de sitios de muestreo fueron de forma circular de 100 m^2 para el estrato arbustivo (radio de 5.64 m lineales), y de 1 m^2 para las especies herbáceas (Mostacedo y Fredericksen, 2000)**.**

Tamaño de muestra

Para la definición de las áreas de levantamiento de flora se utilizó la herramienta de Muestreo Sistemático del Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollado para el presente estudio, esta herramienta permite crear entidades que se utilizan como ubicaciones de muestreo o áreas de agregación. La herramienta nos permite crear una malla de polígonos cuadrados dentro de una extensión del territorio. El muestreo

[1] Mostacedo B. y T.S. Fredericksen 2000. Manual de Métodos Básicos de muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.
[2] Carrillo, E.G. 1989. Apuntes del curso de Inventarios Forestales. Serie de Apoyo Académico 35, División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo México. 289 p.
[3] Carrillo E.G. 2010. Métodos Prácticos para Muestreos e Inventarios Forestales. Serie de Apoyo Académico, División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo México. 172 p
[4] Lorena, O. 2002. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Turrialba, C. R. Serie Técnica Manual Técnico No. 50. CATIE 264 p.
[5] Reyna, G. 2021.Estructura y diversidad del matorral xerófilo en el noreste de México. Polibotánica. Instituto Politécnico Nacional. Núm. 51: 107-122 México.

sistemático es útil para garantizar que no se muestrean más secciones del área de estudio que otras, lo que suele ser deseable cuando el objetivo es crear un mapa de las muestras en lugar de hacer inferencias sobre toda el área de estudio.

Para este proyecto se tomó como referencias el límite del predio para determinar una malla de 100x100 metros, con el objetivo de cubrir en su totalidad las áreas consideradas para el cambio de uso de suelo, resultando el siguiente cubrimiento general.

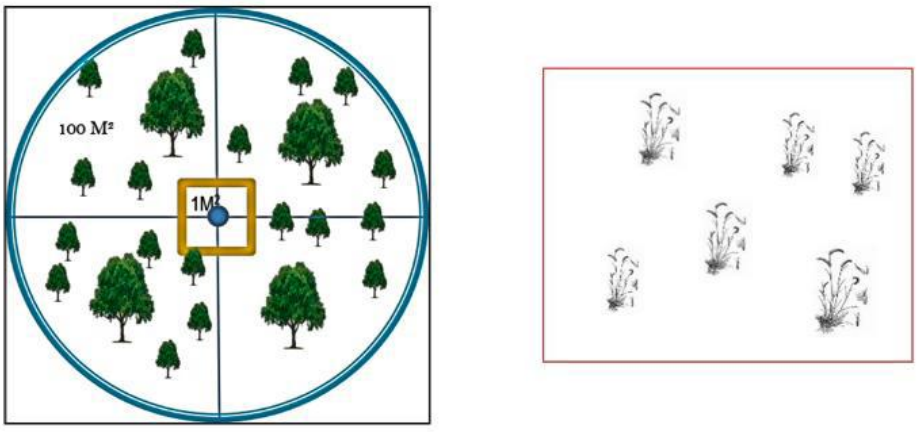
Diseño del muestreo

Una vez que se tuvo el material cartográfico, la malla 100x100 metros y la distribución de puntos sobre el área de estudio, se planteó el desarrollo de un muestreo sistemático dirigido, en el que se eligieron 40 puntos de los distribuidos homogéneamente sobre la superficie total del predio, considerando cubrir toda la superficie (Carrillo, 2010).

Los sitios de muestreo fueron de forma circular de 100 m^2 para el estrato arbustivo (radio de 5.64 m lineales), y de 1 m^2 para las especies herbáceas. En cada sitio de muestreo se registró el tipo de vegetación, altitud, coordenadas UTM, así como los estratos presentes y las especies florísticas que integran cada uno de ellos, posteriormente su identificación florística con nombre científico y las mediciones dasométricas correspondientes, tales como número de individuos por especie, diámetro y altura total. La fecha de levantamiento de datos dasométricos se realizó en marzo del 2025.

Los materiales utilizados en campo fueron cuerda de 20 m, flexómetro, estacas, catálogo de fotografías de especies, geoposicionador, cámara fotográfica, entre otros.

Figura 8.5. Ejemplo de diseño de sitios de muestreo.



Estimación del tamaño de la muestra

Se realizó un análisis previo de las condiciones del sitio de muestreo en donde se encontraron datos de la vegetación arbustiva, herbácea y poca o nula presencia del estrato arbóreo. Bajo esta información se planteó la forma y tamaño de los sitios a muestrear. La Unidad de Muestreo fueron sitios de 100 m^2 de forma circular por la facilidad de su trazo, así como las características de la vegetación que permiten una buena medición al carecer de arbolado y permitir la movilidad entre los individuos para efectuar las mediciones. Para

el marco de muestreo bajo una intensidad planteada de 0.75% se determinaron 40 sitios de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{I.M \times A}{T.S.}$$

Dónde:

n = Número de sitios

I.M.= Intensidad de muestreo

A= Superficie total

T.S.= Tamaño de los sitios de muestreo

De acuerdo con Carrillo Espinosa, Guillermo 1991[6], las intensidades de muestreo más comunes varían en el rango del 0.004 – 0.4 o su expresión en porcentaje del 0.4% - 4%.

Curva de acumulación de especies

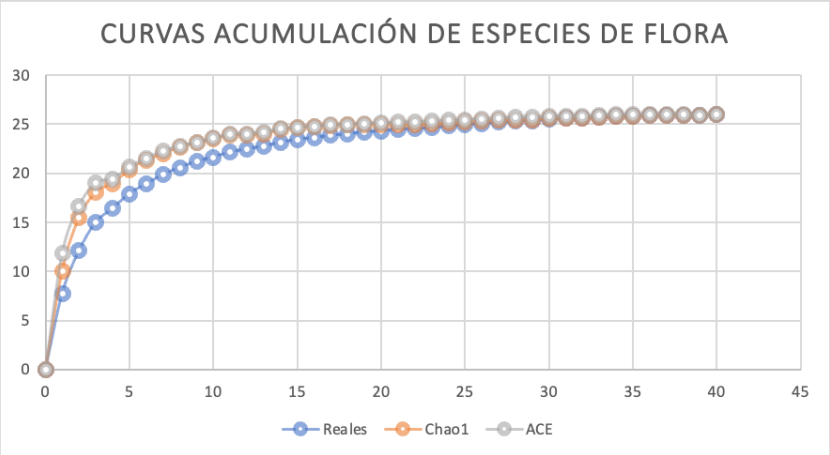
Para evaluar que los datos levantados sean significativos con respecto a la representación de especies dentro del predio, se procedió a realizar un análisis de curva de acumulación de especies el cual consiste en conocer la riqueza de especies total de una comunidad. Estas curvas muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de recolecta en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual por más que se recolecta, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota.

En la curva de colecta de especies, la incorporación de nuevas especies al inventario se relaciona con alguna medida del esfuerzo de muestreo. Cuanto mayor sea este esfuerzo, mayor será el número de especies colectadas.

Se realizó el análisis en el Programa EstimateS bajo los parámetros colectados resultando preliminarmente la siguiente gráfica para flora.

[6] Carrillo Espinosa, G. (1991). Apuntes del curso de inventarios forestales (Serie de Apoyo Académico No. 35). División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Figura 8.6. Curva de acumulación de especies.



En cuanto a la eficiencia del muestreo se presenta en el Anexo 4.2 el cuadro que refleja que para la flora muestreada la eficiencia se calculó en un 100% para los dos estimadores mostrados Chao 1 y ACE al número de sitio colectados.

Evaluación de la vegetación

Para evaluar la vegetación se registraron las especies que cayeran dentro de la circunferencia del diseño de muestreo en la cual se registró por medio de un formato de levantamiento de vegetación. Las especies encontradas durante el muestreo se registraron la forma de vida que presentaba: Herbácea, Arbusto, Árbol, Trepadora o Suculenta. Cada registro de cada especie se consideró el nombre común, para su determinación se tomó una foto registrando los siguientes partes: Floración, Fruto, Hoja y Tallo. Posteriormente se llevó su identificación por medio de comparación por medio de diferentes fuentes digitales y bibliográficas. La información recopilada dentro del muestreo fue capturada en una base de datos en la cual se determinó los siguientes Índices: Abundancia, Diversidad, Frecuencia, Dominancia y valor de importancia (IVI).

Abundancia

Hace referencia al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos. Se distingue la abundancia absoluta (número de individuos por especie) y la abundancia relativa (proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos del ecosistema). (Lamprecht, 1990)

Abundancia absoluta (Aba) = número de individuos por especie con respecto al número total de individuos encontrados en el área de estudio (ni).

Abundancia relativa (Ab%)

$$Ab\% = (\frac{ni}{N}) \times 100$$

Donde:

ni = Número de individuos de la iésima especie

N = Número de individuos totales en la muestra

Frecuencia

Permite determinar el número de parcelas en que aparece una determinada especie, en relación al total de parcelas inventariadas, o existencia o ausencia de una determinada especie en una parcela.

La abundancia absoluta se expresa como un porcentaje (100% = existencia de la especie en todas las parcelas), la frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies.

Frecuencia absoluta (Fra) = Porcentaje de parcelas en las que aparece una especie, 100% = existencia de la especie en todas las parcelas.

Frecuencia absoluta (FrA)

$$FrA = \left(\frac{Fi}{Ft}\right) \times 100$$

Frecuencia relativa (Fr%)

$$Fr\% = \left(\frac{FrAni}{FrAt}\right) \times 100$$

Donde:

Fi = Frecuencia absoluta de la iésima especie

Ft = Total de las frecuencias en el muestreo

Dominancia

Se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en el suelo. Debido a que la estructura vertical de los bosques naturales tropicales es bastante compleja, la determinación de las proyecciones de las copas de los árboles resulta difícil y a veces imposible de realizar; por esta razón se utiliza las áreas básales, debido a que existe una correlación lineal alta entre el diámetro de la copa y el fuste.

Bajo este esquema la dominancia absoluta es la sumatoria de las áreas básales de los individuos de una especie sobre el área especificada y expresada en metros cuadrados y la dominancia

relativa es la relación expresada en porcentaje entre la dominancia absoluta de una especie cualquiera y el total de las dominancias absolutas de las especies consideradas en el área inventariada.

Dominancia absoluta (Da)

$$Da = \frac{Gi}{Gt}$$

Donde:

Gi = Área basal en m2 para la iésima especie

Gt = Área basal en m2 de todas las especies

Dominancia relativa (D%)

$$D\% = \left(\frac{DaS}{DaT}\right) \times 100$$

Donde:

DaS = Dominancia absoluta de una especie

DaT = Dominancia absoluta de todas las especies

Índice de Valor de Importancia

El índice de valor de importancia es un parámetro que mide el valor de las especies, típicamente, en base a tres parámetros principales: dominancia (ya sea en forma de cobertura o área basal), densidad y frecuencia. El índice de valor de importancia (I.V.I.) es la suma de estos tres parámetros. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal. El I.V.I. es un mejor descriptor que cualquiera de los parámetros utilizados individualmente.

Para obtener el I.V.I., es necesario transformar los datos de cobertura, densidad y frecuencia en valores relativos. La suma total de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100. Por lo tanto, la suma total de los valores del I.V.I. debe ser igual a 300.

$$I.V.I = AR + FR + DR$$

Donde:

AR= Abundancia Relativa

FR: Frecuencia Relativa

DR: Dominancia Relativa

8.6.3. Caracterización de fauna

Para conocer la composición faunística del predio se utilizaron los puntos de muestreo definidos para la composición florística, en donde se realizó un muestreo dirigido delimitando cuarenta puntos de forma circular distribuidos de manera homogénea en el predio; utilizando las técnicas de observación directa, identificación de huellas y rastros, estaciones olfativas, así como la instalación de cámaras trampa.

La **observación directa** es uno de los métodos más antiguos y a la vez efectivos para el monitoreo de la fauna. Este enfoque implica la vigilancia en el hábitat natural de las especies para registrar su comportamiento, distribución y dinamicidad poblacional. La observación directa también puede llevarse a cabo de manera sistemática, utilizando protocolos de muestreo. Esto implica realizar visitas periódicas a los mismos puntos críticos y en diferentes condiciones ambientales. Por lo que se realizaron recorridos diurnos y nocturnos.

La **identificación de huellas y rastros** es una técnica tradicional utilizada en el monitoreo de mamíferos. Consiste en la búsqueda y registro de huellas, excrementos, madrigueras y otros signos dejados por los mamíferos en su hábitat. Estos rastros proporcionan información sobre la presencia de las especies.

Las **cámaras trampa** han revolucionado la forma en que monitorizamos la fauna. Estos dispositivos, que se activan automáticamente ante la detección de movimiento, permiten capturar imágenes y videos de animales en su hábitat natural sin necesidad de la presencia humana. Este enfoque ha demostrado ser extremadamente valioso en la investigación de especies difíciles de observar directamente, ya que minimiza el impacto humano y ofrece registros de comportamiento en tiempo real, brindando una visión sin precedentes del secreto mundo animal.

Estaciones olfativas se basa en el uso de atrayentes olorosos que permiten que los animales se acerquen a las estaciones de registro de huellas. Se instala un número definido de estaciones dispuestas a distancia constante a lo largo de líneas o transectos. Cada estación estuvo formada por una superficie circular de tierra tamizada de un metro de diámetro, con el atrayente ubicado en su centro.

Al utilizar como guía los sitios de muestreo de flora y con las técnicas antes mencionadas, al ir encontrando evidencia de la fauna se fueron georreferenciando los sitios.

8.6.4. Metodología para la evaluación de impactos ambientales

Dentro del proceso de la identificación de impactos ambientales, las técnicas de identificación de los impactos significativos conforman la parte medular de la metodología de evaluación, debido a la relevancia de este tipo de impactos en los componentes del entorno. En la literatura especializada (Zárate et al., 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005) se registran numerosas propuestas que en conjunto se caracterizan por su diversidad, siendo consistentes y coincidentes, muchas de ellas, en que no existe una metodología definitiva para esta identificación, por lo que las ópticas cruzadas y la conjugación de metodologías, disminuyen significativamente la subjetividad del proceso.

Con base en lo anterior para este Proyecto, el análisis para la identificación de los impactos ambientales se realizó bajo un enfoque interdisciplinario, que consideró los tres niveles ya descritos (elementos, procesos y ecosistemas) y que fue la base para la aplicación de las siguientes técnicas convencionales de evaluación de impacto ambiental (Tabla 8.13):

i) análisis por medio de los sistemas de información geográfica (SIG),

ii) listas de chequeo,

iii) matrices de interacción y

iv) juicio de expertos.

El uso combinado de estas técnicas hace posible un análisis equilibrado entre la percepción subjetiva y el análisis cuantitativo de la evaluación. Asimismo, permite profundizar en el conocimiento del sitio donde se realizará el proyecto, e identificar las áreas de influencia directa e indirecta del mismo, necesarias para el análisis de los impactos ambientales.

Por medio del análisis de los Sistemas de Información Geográfica fue posible evaluar de forma cuantitativa los impactos ambientales en una matriz cuantificable y generar información suficiente para la identificación de los impactos de mayor extensión geográfica que pudieran representar riesgos importantes a los ecosistemas; mientras que a través de las listas de chequeo y las matrices de interacción se identificaron los impactos más significativos a los procesos y los elementos, así como sus fuentes generadoras. El juicio de expertos permitió dimensionar los impactos identificados por las otras metodologías para evitar la subestimación o sobreestimación de los mismos otorgando un mayor valor técnico y científico al proceso.

Tabla 8.13. Técnicas utilizadas para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que potencialmente serán generados por el Proyecto.

Técnica	Alcances
Análisis de cartografía temática y uso de sistema de información geográfica.	La cartografía, las fotografías aéreas y las imágenes de satélite son herramientas metodológicas muy útiles para la evaluación de impactos ambientales (EIA), permiten analizar diferentes parámetros o atributos ambientales (geología, hidrología, tipos de vegetación, asentamientos humanos y actividades económicas, entre otros) de áreas geográficas a diferentes niveles o escalas de información (Zárate et al., 1996). La sobreposición de esta información, más la correspondiente al proyecto propuesto, produce una caracterización compuesta de un ambiente en el que se pueden evaluar cuantitativa y espacialmente impactos directos, así como la simulación de escenarios y riesgos ambientales (Zárate et al, 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).
Listas de chequeo	Estas técnicas se basan en la elaboración de un listado específico de componentes ambientales, agentes de impacto o etapas del proyecto (Canter, 1977; MOPU, 1982; Westman, 1985; Jain et al., 1993; Smith, 1993). Son métodos que se emplean para la identificación de impactos y preliminarmente para la evaluación de los mismos, bajo la consideración de ciertos criterios o escalas (p. ej. de magnitud e importancia). La principal desventaja de estas técnicas es que no permiten definir o establecer las relaciones causa-efecto entre el proyecto y el medio ambiente, tampoco la identificación y evaluación de efectos sinérgicos (Zárate et al., 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).
Matrices de interacción	Las matrices son métodos cualitativos que permiten evaluar las relaciones directas causa-efecto y el grado de interacción que puede existir entre las acciones de un proyecto y los componentes ambientales involucrados en el mismo. Las matrices de interacción son herramientas valiosas para la EIA, ya que permiten no sólo identificar y evaluar los impactos producidos por un proyecto, sino valorar cualitativamente varias alternativas de un mismo proyecto y determinar las necesidades de la información para la evaluación y la organización de la misma. Sin embargo, el uso de estas técnicas, presenta algunas desventajas que son importantes considerar: a) las matrices con muchas interacciones

Técnica	Alcances
	son difíciles de manejar, b) no consideran impactos secundarios o de orden mayor e impactos sinérgicos y acumulativos, c) para la valoración de cada impacto identificado es asignado un mismo peso en términos de los atributos ambientales definidos (p. ej. magnitud e importancia) y d) los valores asignados a los atributos ambientales generalmente son definidos en escalas o valores relativos, por lo que es recomendable sustentarlos con el uso de índices o indicadores ecológicos, económicos, o normas técnicas (Zárate et al., 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).
Juicio de expertos	Identificación y dimensionamiento de impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos con base en la experiencia y juicio de especialistas y evaluadores.

Fuente: Generación propia GPPA.

Cartografía temática y sistemas de información geográfica

El análisis realizado para la identificación de impactos en el área de influencia del proyecto y las áreas adyacentes se apoyó en los planos cartográficos disponibles y en la fotografía de satélite obtenida del programa Google Earth. Se contó también con herramientas cartográficas generadas de manera particular para el proyecto, datos puestos a disposición por el INEGI y planos de usos del suelo y vegetación. Con dicha información se obtuvo lo siguiente:

- Definición espacial del área de influencia ambiental directa e indirecta del proyecto (Capítulo 4).
- Definición espacial del área de estudio de la presente MIA (Capítulo 4).

Para determinar los límites del SAR del Proyecto se tomaron en consideración los siguientes factores:

a. Ambientes marinos: Se analizaron los ambientes marinos para identificar unidades naturales distintivitas en la zona donde se ubica el proyecto.
b. Criterios normativos: Se analizaron los diferentes instrumentos jurídicos referentes al ordenamiento del territorio aplicables a la zona, tales como el Plan Parcial de Desarrollo vigente y el Programa de Ordenamiento Ecológico Local.
c. Resultados de la caracterización: Se analizaron los resultados de la caracterización ambiental realizada y de los resultados observados en campo, así como del análisis de la imagen satelital de Google Earth disponible.
d. Análisis de las principales tendencias de desarrollo y/o deterioro de la región.

Una vez identificadas las acciones que conforman el proyecto y determinados los factores del entorno con potencial de verse afectados, se procedió a la elaboración de una matriz de doble entrada que permite analizar de manera sistemática las posibles interacciones entre ambos elementos.

Esta herramienta metodológica facilita la detección temprana de impactos ambientales y sociales, tanto negativos como positivos, que podrían derivarse de la implementación del proyecto. Asimismo, proporciona una base sólida para la evaluación cualitativa de la relevancia y significancia de dichos impactos en las etapas siguientes del análisis.

El resultado del cruce de información permitió identificar 244 interacciones potenciales entre las actividades del proyecto y los componentes ambientales y sociales del área de influencia Matriz 8.1. Éstas se encuentran distribuidas en función de las distintas etapas del ciclo de vida del proyecto, de la siguiente manera:

- Etapa de preparación: 99 interacciones
- Etapa de construcción: 54 interacciones
- Etapa de operación y mantenimiento: 62 interacciones
- Etapa de abandono o cierre: 29 interacciones

Matriz 8.1. Matriz de interacciones simples de las acciones del proyecto vs factores ambiental y social.

Factor	Subfactor	Clave	Preparación					Construcción				Operación y mantenimiento				Abandono			
			Prospección del área	Trazo, nivelación topográfica y delimitación de áreas	Remoción de la cubierta vegetal	Despalme del terreno	Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación)	Habilitación de obras provisionales	Operación de obras	Construcción de vialidades	Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento	De infraestructura turística y de vivienda	De infraestructura vial	De servicios y equipamiento	De áreas verdes y de conservación	Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura	Restauración del sitio	Interacciones por subfactor	Interacciones por factor
Aire	Calidad	Ai1			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		12	45
		Ai2		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		13	
	Nivel	Ai3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	15	
	Propiedades	Ai4			X	X				X	X						X	5	
Agua	Calidad	Ag1	x	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	15	30
		Ag2												X				1	
	Disponibilidad	Ag3			X	X	X	X		X	X						X	7	
		Ag4												X				1	
	Características	Ag5			X	X	X	X		X	X							6	
Suelo	Calidad	Su1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	15	21
		Su2			X	X	X	X		X	X							6	
Geoforma	Características	Go1			X	X	X	X		X	X							6	12
		Go2			X	X	X	X		X	X							6	
Flora	Biodiversidad	Fl1	X		X	X	X	X	X			X			X		X	9	18
		Fl2	X		X	X	X	X	X			X			X		X	9	
Fauna	Biodiversidad	Fa1	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14	41
		Fa2	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14	
	Etología	Fa3			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13	
Ecosistemas terrestres	Estructura	Eco1			X										X		X	3	12
	Función ecológica	Eco2			X			X		X	X						X	5	
		Eco3			X	X									X		X	4	
Ecosistemas acuáticos	Biodiversidad	Eco4												X				1	6
		Eco5												X				1	
		Eco6												X				1	

Factor	Subfactor	Clave	Preparación						Construcción			Operación y mantenimiento				Abandono		Interacciones por subfactor	Interacciones por factor
			Prospección del área	Trazo, nivelación topográfica y delimitación de áreas	Remoción de la cubierta vegetal	Despalme del terreno	Conformación del terreno (movimiento de tierras, excavación, nivelación, relleno, compactación)	Habilitación de obras provisionales	Operación de obras	Construcción de vialidades	Construcción y/o instalación de servicios y equipamiento	De infraestructura turística y de vivienda	De infraestructura vial	De servicios y equipamiento	De áreas verdes y de conservación	Retiro, desmantelamiento y/o demolición de infraestructura	Restauración del sitio		
	Función ecológica	Eco7								X	X			X				3	
Paisaje	Calidad	Pa1			X			X		X	X						X	5	5
Dinámica económica	Empleo	De1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	X	X	X	X	X	15	32
	Actividades económicas	De2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	X	X	X	X	X	15	
		De3										X		X				2	
Demografía	Estructura	D1										X				X		2	4
		D2										X				X		2	
Movilidad	Tránsito	Mo1			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		11	11
Infraestructura	Servicios públicos	Sp1							X			X						2	2
Cultura	Uso y manejo del entorno	Cu1										X		X				2	5
	Patrimonio arqueológico	Cu2			X	X	X											3	
Interacciones por actividad			9	6	24	21	19	20	14	20	20	18	11	19	14	13	16	244	
Interacciones por etapa			99						54			62				29			

Fuente: Elaboración propia.

Matrices de interacción

Las matrices de interacción son una herramienta útil para la identificación de impactos ambientales potenciales que complementan la información brindada por las listas de chequeo y por el SIG. La información generada conjuntamente por estos tres elementos permite identificar y evaluar cualitativa y cuantitativamente los principales impactos ambientales que serán generados con la implementación del proyecto. También permite definir las medidas de mitigación, compensación y prevención correspondientes, mismas que se establecen en el Capítulo 6 del presente estudio.

Se elaboró una primera Matriz (Matriz 8.1) denominada de Identificación de Impactos Ambientales Potenciales en la cual se confrontaron las obras y actividades del Proyecto con los impactos ambientales identificados en las listas de chequeo, ordenados de acuerdo al factor del medio sobre el que inciden. Con dicha Matriz se identificaron los impactos positivos y negativos que potencialmente generará el proyecto, y se valoraron tanto los componentes ambientales que pudieran ser más afectados, como las actividades que generarán la mayor recurrencia o intensidad de impactos.

La Matriz constituye un método cuantitativo para la identificación de impactos ambientales y corresponde a una modificación propia de la matriz de Leopold (1971). Es importante destacar que el valor de magnitud establecido en esta matriz corresponde al producto de la suma de interacciones identificadas entre un impacto ambiental negativo potencial identificado y una obra u actividad.

Se generó una segunda Matriz, denominada de Evaluación de Impactos Ambientales (Matriz 8.1), para evaluar los impactos identificados en términos de 9 atributos tomados de Gómez-Orea (2003) y que son: consecuencia, acumulación, sinergia, momento o tiempo, reversibilidad, periodicidad, permanencia, recuperabilidad y frecuencia. A cada atributo le fue asignado un valor entre 1 y 3, según la severidad del mismo. El valor asignado a cada atributo se basó en el dictamen de los expertos, los resultados de la Matriz de Identificación de Impactos Ambientales Potenciales (Matriz 8.2) y las listas de chequeo que le dieron origen.

A partir de los resultados obtenidos de dicho análisis se pudo calcular el Índice de Incidencia para cada impacto, mediante la aplicación del modelo propuesto por Gómez-Orea (2002) y cuyos pasos se describen a continuación:

Se atribuyó un código numérico a cada carácter del atributo, acotado entre un valor máximo para la más desfavorable y uno mínimo para la más favorable.

El índice de incidencia de cada impacto se evaluó a partir del siguiente algoritmo simple, que consiste en la sumatoria de los valores asignados a los atributos de cada impacto y sus rangos de valor o escala (Expresión V.1):

$I = C + A + S + T + Rv + Pi + Pm + Rc + F$ Expresión V.1

Se estandarizó cada valor de cada impacto entre 0 y 1 mediante la Expresión V.2.

$Incidencia = I - Imin / Imax - Imin$ Expresión V.2

Siendo:

I = el valor de incidencia obtenido por un impacto.

Imax = el valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifestaran con el mayor valor, que para el caso de esta evaluación será 27, por ser 9 atributos con un valor máximo cada uno de 3.

Imin = el valor de la expresión en caso de que los atributos se manifiesten con el menor valor, que para el caso de esta evaluación será 9, por ser 9 atributos con un valor mínimo cada uno de 1.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** permitió valorar los impactos a mbientales generados en términos de su incidencia, y de este modo conocer los componentes ambientales más afectados por el proyecto e identificar y evaluar los impactos residuales.

Tabla 8.14. Descripción de la escala de los atributos para evaluar impactos ambientales.

Atributos	Escala		
	1	2	3
Consecuencia (C)	Indirecto: el impacto ocurre de manera indirecta.	No aplica	Directo: el impacto ocurre de manera directa.
Acumulación (A)	Simple: cuando el efecto en el ambiente no resulta de la suma de los efectos de acciones particulares ocasionados por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.	No aplica	Acumulativo: cuando el efecto en la ambiente resulta de la suma de los efectos de acciones particulares ocasionados por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
Sinergia (S)	No Sinérgico: cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones no supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.	No aplica	Sinérgico: cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.
Momento o Tiempo (T)	Corto: cuando la actividad dura menos de 1 mes.	Mediano: la acción dura más de 1 mes y menos de 1 año.	Largo: la actividad dura más de 1 año.
Reversibilidad del impacto (Rv)	A corto plazo: la tensión puede ser revertida por las actuales condiciones del sistema en un período de tiempo relativamente corto, menos de un año.	A mediano plazo: el impacto puede ser revertido por las condiciones naturales del sistema, pero el efecto permanece de 1 a 3 años.	A largo plazo: el impacto podrá ser revertido naturalmente en un periodo mayor a tres años, o no sea reversible.
Periodicidad (Pi)	Aparición irregular: cuando el efecto ocurre de manera ocasional.	No aplica	Periódico: cuando el efecto se produce de manera reiterativa.
Permanencia (Pm)	Temporal: el efecto se produce durante un periodo definido de tiempo.	No aplica	Permanente: el efecto se mantiene al paso del tiempo.

Atributos	Escala 1	2	3
Recuperabilidad (Rc)	Recuperable: que el componente afectado puede volver a contar con sus características.	No aplica	Irrecuperable: que el componente afectado no puede volver a contar con sus características (efecto residual).
Frecuencia (F)	Poco frecuente: el impacto se presenta en menos de un tercio de las actividades del proyecto.	Medianamente frecuente: el impacto se presenta entre un tercio y dos tercios de las actividades del proyecto.	Muy frecuente: el impacto se presenta en más de dos tercios de las actividades del proyecto.

Matriz 8.1. Evaluación de Impactos Ambientales Potenciales.

Factor	Impacto	Clave	Signo del efecto	Consecuencia (C)	Acumulación (A)	Sinergia (S)	Plazo o Temporalidad (T)	Reversibilidad (Rv)	Riesgo de ocurrencia (O)	Duración (D)	Recuperabilidad (Rc)	Extensión (E)	Incidencia	Índice de incidencia	Significancia
Aire	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes	Ai1	-	3	3	3	2	1	3	3	1	2	21	0.67	NS
	Deterioro de la calidad por dispersión de partículas	Ai2	-	3	3	3	2	1	3	1	1	1	18	0.50	NS
	Incremento en los niveles de ruido	Ai3	-	3	3	3	2	1	3	3	1	2	21	0.67	NS
	Alteración del microclima	Ai4	-	3	3	3	3	2	3	3	1	2	23	0.78	S
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	Ag1	-	3	3	3	2	1	2	1	1	2	18	0.50	NS
	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina	Ag2	-	3	3	3	3	2	2	3	1	3	23	0.78	S
	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	Ag3	+/-	3	3	3	3	2	3	3	1	1	22	0.72	S
	Cambio de la oferta hídrica	Ag4	+	3	1	1	3	1	3	3	1	1	17	0.44	NS
	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	Ag5	-	3	3	3	3	2	3	3	1	1	22	0.72	S
Suelo	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	Su1	-	3	3	3	2	1	2	1	1	2	18	0.50	NS
	Alteración de la estructura	Su2	-	3	3	3	3	2	3	3	1	1	22	0.72	S

Factor	Impacto	Clave	Signo del efecto	Consecuencia (C)	Acumulación (A)	Sinergia (S)	Plazo o Temporalidad (T)	Reversibilidad (Rv)	Riesgo de ocurrencia (O)	Duración (D)	Recuperabilidad (Rc)	Extensión (E)	Incidencia	Índice de incidencia	Significancia
Geoforma	Alteración de los procesos morfodinámicos	Go1	-	3	3	3	2	2	3	3	1	2	22	0.72	S
	Alteración de la topografía	Go2	-	3	3	3	2	2	3	3	1	1	21	0.67	NS
Flora	Alteración en la composición de las especies	Fl1	+/-	3	3	3	2	2	3	3	1	2	22	0.72	S
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	Fl2	+/-	3	3	3	2	2	2	3	1	2	21	0.67	NS
Fauna	Alteración en la composición de las especies	Fa1	+/-	3	3	3	2	2	3	3	1	2	22	0.72	S
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	Fa2	+/-	3	3	3	2	2	2	3	1	2	21	0.67	NS
	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	Fa3	+/-	3	3	3	2	2	3	3	1	2	22	0.72	S
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	Eco1	+/-	3	3	3	3	3	3	3	3	2	26	0.94	S
	Modificación y fragmentación del hábitat	Eco2	+/-	3	3	3	3	3	3	3	3	2	26	0.94	S
	Modificación de los servicios ambientales	Eco3	+/-	1	3	3	3	3	3	3	3	2	24	0.83	S
Ecosistemas acuáticos	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	Eco4	-	3	3	3	3	2	2	3	1	2	22	0.72	S
	Alteración de la comunidad bentónica	Eco5	-	3	3	3	3	2	2	3	1	2	22	0.72	S
	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos	Eco6	-	1	3	3	3	2	2	3	1	2	20	0.61	NS
	Afectación de manglares	Eco7	-	1	3	3	2	2	1	1	1	3	17	0.44	NS
Paisaje	Alteración de la calidad visual	Pa1	+/-	3	3	3	3	3	3	3	3	2	26	0.94	S
Dinámica económica	Incremento de la oferta de empleo	De1	+	1	1	3	3	1	3	3	1	2	18	0.50	NS

Factor	Impacto	Clave	Signo del efecto	Consecuencia (C)	Acumulación (A)	Sinergia (S)	Plazo o Temporalidad (T)	Reversibilidad (Rv)	Riesgo de ocurrencia (O)	Duración (D)	Recuperabilidad (Rc)	Extensión (E)	Incidencia	Índice de incidencia	Significancia
	Incremento en la demanda de bienes y servicios	De2	+	1	1	3	3	1	3	3	1	3	19	0.56	NS
	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia	De3	-	1	3	3	2	2	2	3	1	3	20	0.61	NS
Demografía	Incremento de la población permanente y flotante	D1	+/-	1	1	3	3	2	3	3	1	3	20	0.61	NS
	Cambio en los fenómenos de inmigración	D2	+/-	1	1	3	3	2	3	3	1	3	20	0.61	NS
Movilidad	Aumento en el flujo vehicular	Mo1	-	1	3	3	3	2	3	3	1	2	21	0.67	NS
Infraestructura	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales	Sp1	-	1	3	3	3	2	3	3	1	2	21	0.67	NS
Cultura	Cambio en el patrón de uso de recursos	Cu1	-	1	1	1	3	3	2	3	3	3	20	0.61	NS
	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico	Cu2	-	1	1	1	1	3	1	3	3	2	16	0.39	NS

Debido a que al estandarizar los valores obtenidos para el Índice de Incidencia el máximo valor posible es 1, los impactos se agruparon en 3 rangos de 0.33 como se muestran en la siguiente tabla. La descripción de cada rango y su interpretación se ajustan a las especificidades del SA en cuanto a la integridad de sus componentes, así como a la definición de impacto ambiental relevante citada en el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental. En la matriz 8.3 (Significancia de los impactos ambientales potenciales según su signo y su valor de I.I.) se presentan los impactos identificados ordenados según su signo, su valor del Índice de Incidencia y su correspondiente significancia.

Tabla 8.15. Rango de significancia de los impactos ambientales evaluados de acuerdo con su Índice de Incidencia.

Rango	Interpretación	Índice de Incidencia
Significativo	Se pueden generar alteraciones que sin medidas afecten el funcionamiento o estructura de los ecosistemas dentro del SA.	0.68 o mayor
No significativo	Se compromete la integridad de elementos o procesos sin poner en riesgo la estructura y función de los ecosistemas de los que forman parte.	0.34 a 0.67
Despreciables	Alteraciones de muy bajo impacto a elementos o procesos que no comprometen la integridad de los mismos.	0.33 o menor

La conjunción de los diferentes análisis descritos hasta ahora permitió cuantificar los diferentes impactos de posible generación durante el desarrollo del proyecto, así como definir y ratificar las estrategias de mitigación y compensación de los mismos. Por otro lado, fue posible identificar las actividades de alta prioridad por la importancia de los impactos que pudieran generar. Los resultados de los procesos mencionados se muestran a continuación.

Matriz 8.2. Significancia de los impactos ambientales potenciales según su signo y su valor de I.I.

Factor	Impacto	Clave	Signo del efecto	Incidencia	Índice de incidencia	Significancia
Aire	Alteración de la calidad debido a emisiones contaminantes	Ai1	-	21	0.67	NS
	Deterioro de la calidad por dispersión de partículas	Ai2	-	18	0.50	NS
	Incremento en los niveles de ruido	Ai3	-	21	0.67	NS
	Alteración del microclima	Ai4	-	23	0.78	S
Agua	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico subterráneo	Ag1	-	18	0.50	NS
	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua marina	Ag2	-	23	0.78	S
	Alteración del área de recarga del recurso hídrico	Ag3	+/-	22	0.72	S
	Cambio de la oferta hídrica	Ag4	+	17	0.44	NS
	Alteración del patrón de drenaje superficial natural	Ag5	-	22	0.72	S
Suelo	Alteración de las características físicas, químicas y microbiológicas	Su1	-	18	0.50	NS
	Alteración de la estructura	Su2	-	22	0.72	S
Geoforma	Alteración de los procesos morfodinámicos	Go1	-	22	0.72	S
	Alteración de la topografía	Go2	-	21	0.67	NS
Flora	Alteración en la composición de las especies	Fl1	+/-	22	0.72	S

Factor	Impacto	Clave	Signo del efecto	Incidencia	Índice de incidencia	Significancia
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	Fl2	+/-	21	0.67	NS
Fauna	Alteración en la composición de las especies	Fa1	+/-	22	0.72	S
	Alteración de la abundancia y riqueza de especies en categoría de protección y endémicas	Fa2	+/-	21	0.67	NS
	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna	Fa3	+/-	22	0.72	S
Ecosistemas terrestres	Modificación de la superficie de cobertura vegetal natural	Eco1	+/-	26	0.94	S
	Modificación y fragmentación del hábitat	Eco2	+/-	26	0.94	S
	Modificación de los servicios ambientales	Eco3	+/-	24	0.83	S
Ecosistemas acuáticos	Alteración de la comunidad pelágica (fitoplancton, zooplancton e ictiofauna)	Eco4	-	22	0.72	S
	Alteración de la comunidad bentónica	Eco5	-	22	0.72	S
	Afectación a la comunidad de mamíferos marinos	Eco6	-	20	0.61	NS
	Afectación de manglares	Eco7	-	17	0.44	NS
Paisaje	Alteración de la calidad visual	Pa1	+/-	26	0.94	S
Dinámica económica	Incremento de la oferta de empleo	De1	+	18	0.50	NS
	Incremento en la demanda de bienes y servicios	De2	+	19	0.56	NS
	Afectación de recursos naturales necesarios para las actividades de subsistencia	De3	-	20	0.61	NS
Demografía	Incremento de la población permanente y flotante	D1	+/-	20	0.61	NS
	Cambio en los fenómenos de inmigración	D2	+/-	20	0.61	NS
Movilidad	Aumento en el flujo vehicular	Mo1	-	21	0.67	NS
Infraestructura	Incremento de la demanda de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos y tratamiento de aguas residuales	Sp1	-	21	0.67	NS
Cultura	Cambio en el patrón de uso de recursos	Cu1	-	20	0.61	NS
	Deterioro de las condiciones de conservación del patrimonio arqueológico	Cu2	-	16	0.39	NS

Determinación de la significancia

La determinación de la significancia o relevancia de un impacto es la tarea que muestra de forma más convincente el carácter multidisciplinario de la evaluación de impacto ambiental. Para poder estimar y medir la alteración de los diferentes componentes ambientales se requiere de un conocimiento profundo y especializado de los mismos, así como de la

legislación que les afecta y de los criterios de evaluación utilizados por la comunidad científica. Por ello en esta etapa se requiere de manera más intensiva del juicio de expertos (Gómez Orea, 2002).

Criterio jurídico

La significancia de los impactos evaluados se determinó de acuerdo con la definición de "impacto significativo" establecida en el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, que en su fracción IX del Artículo 3 dice a la letra:

IX. Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales;

Esta definición y su consecuente razonamiento, indican que no todos los impactos deben atenderse de la misma manera, sino que es necesario centrar la atención en los impactos clave, es decir, aquellos que potencialmente pueden generar desequilibrios ecológicos o ecosistémicos o que puedan sobrepasar límites establecidos en normas jurídicas específicas, sin menosprecio de las acciones que se puedan desarrollar para mitigar los impactos despreciables. Por ello es necesario describir y analizar los criterios que, con base en la definición arriba descrita, se consideraron en este caso.

Para atender el requerimiento de la autoridad, en el capítulo 6 se consideran medidas para evitar, compensar o mitigar todos y cada uno de los impactos ambientales identificados, sin embargo, en este capítulo se hace énfasis en aquellos que son considerados en la legislación.

El atributo de significativo o relevante lo alcanza un impacto cuando el componente o subcomponente ambiental que recibirá el efecto del mismo adquiere la importancia especial reconocida en las leyes, en los planes y programas, en las NOM's, y demás instrumentos jurídicos aplicables para la protección al ambiente, respecto a la posibilidad de generar desequilibrios ecológicos o rebasar límites establecidos. En este último caso, es conveniente citar como efecto el reconocimiento del estatus de protección que alcanzan las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con las siguientes categorías de riesgo:

- Probablemente extinta en el medio silvestre.
- En peligro de extinción.
- Amenazada.
- Sujeta a protección especial.

El nivel de significancia del impacto que pudiera incidir sobre alguna de estas especies, radica en el estatus de protección que le asigne la Norma; así resulta obvio que el impacto sobre una especie con estatus de "en peligro de extinción" puede alcanzar un mayor significado ambiental que si la especie estuviera catalogada en estatus de protección especial. De esta forma, las medidas de mitigación ante tal impacto deberán ser diseñadas conforme a esta lógica, de tal forma que todos los impactos se encuentren atendidos en la justa medida de su significancia.

Igualmente, dentro de este criterio se consideran los límites y parámetros establecidos en los instrumentos legales, normativos y de política ambiental que de acuerdo a los Artículos 28 y 35 de la LGEEPA deben considerarse en la evaluación de impacto ambiental. Las acciones que se lleven a cabo en las diferentes etapas del proyecto deberán apuntalar el cumplimiento de las disposiciones jurídicas.

Criterio ecosistémico (integridad funcional)

La integridad funcional de los ecosistemas está dada por la interacción entre sus componentes bióticos y abióticos de tal forma que se mantengan las múltiples funciones del ecosistema por tiempo indefinido (Crabbé et al. 1999). Callicot et al. (1997) la definen también como el conjunto de poblaciones de especies nativas en su abundancia y variedad históricas, que interactúan en comunidades bióticas naturalmente establecidas.

El nivel significativo de un impacto según este criterio se reconoce cuando es capaz de afectar el funcionamiento de uno o más procesos del ecosistema, de forma tal que su efecto puede generar una alteración entre componentes ambientales y con ello un desequilibrio ecológico (p.ej. reducción del gasto ecológico de un río, eliminando las condiciones de permanencia de un bosque de galería).

Criterio de calidad ambiental (percepción del valor ambiental)

La valoración ambiental está basada en un enfoque antropocéntrico y utilitario. Aunque no incluye todos los posibles valores, es más amplia de lo que parece y recoge o trata de recoger todos los que contribuyen a la satisfacción o bienestar de la humanidad. El medio ambiente o los bienes ambientales proporcionan distintos servicios a la humanidad que determinan su valor y son los siguientes (Linares y López, 2008):

Fuente de recursos productivos: se puede medir por su contribución a la generación de beneficios en las actividades de producción.

Sumidero de residuos: contribuyen a la función de producción y se pueden medir a partir de los precios de mercado de los bienes en cuya producción participan.

Fuente de utilidad (no asociada a la producción): se deriva del disfrute de los bienes ambientales y puede tener carácter consuntivo (ej. pesca) o no (ej. senderismo), o simplemente a través del conocimiento de la protección de estos bienes (valor de existencia).

Servicios de soporte a la vida en la Tierra. Regulación del clima, mantenimiento de la capa de ozono, ciclos hidrológicos y de nutrientes.

Una interpretación errónea del valor ambiental es estimar el mismo a partir del costo de reemplazo; es decir, determinarlo en función de lo que costaría sustituir los servicios del bien ambiental por otros similares, ya que esto no considera un gran número de beneficios que son irremplazables (Linares y López, 2008).

El carácter de significativo lo alcanza el impacto a partir del conocimiento generalizado existente sobre la importancia del recurso, ambiente o ecosistema para cubrir necesidades humanas o brindar servicios ambientales. Este criterio se basa en dictámenes técnicos o científicos, tales como los estudios realizados para la presente MIA-R.

Criterio de capacidad de carga

La capacidad de carga es una herramienta de planificación usada principalmente en áreas naturales protegidas, que sustenta y requiere decisiones de manejo. La capacidad de carga es relativa y dinámica, porque depende de variables que constituyen apreciaciones y que según las circunstancias pueden cambiar.

Cualquier denominación de capacidad de carga debe basarse en los objetivos del área protegida, los cuales definen la categoría de manejo y limitan los usos que pueden darse dentro de ella. Puesto que la capacidad de carga de un sitio depende de las características particulares del mismo, debe ser determinada para cada lugar por separado (Cifuentes 1992).

La determinación de la capacidad de carga no debe ser tomada como un fin en sí misma ni como la solución a los problemas de visitación de un área protegida, ya que las decisiones en las que se basa, siendo humanas, estarán sujetas a consideraciones (o presiones) de orden social, económico y político que podrían desvirtuar la utilidad de la capacidad de carga como una herramienta de manejo (Cifuentes 1992).

En el caso que nos ocupa el Proyecto colindancia con un área natural protegida. Es por ello que la significancia según este criterio se midió en razón de la posible afectación a la capacidad de asimilación, recuperación o renovación de recursos naturales en el SA, de acuerdo con lo establecido en diversas Normas Oficiales Mexicanas.

2025

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL. PUNTA LA PAZ



ANEXO 4.1

CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE ACUÍFEROS Y AMBIENTE

[redacted]

HIDROGEÓLOGOS CONSULTORES

PRESENTA

Informe final

CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA, HIDROGEOLÓGICA Y ECOHIDROLÓGICA PARA EL PROYECTO PUNTA LA PAZ, EN EL MUNICIPIO DELA PAZ, BCS.

(Para cumplir con requisitos de MIA)

Hermosillo, Sonora. Abril del 2025.

[redacted]

CONTENIDO

RESUMEN **1**
1. INTRODUCCIÓN **4**
1.1. Objetivo 6
1.1.1. Objetivos específicos 6
2. CARACTERÍSTICAS FISICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO **7**
2.1. Localización del área de estudio 7
2.2 Geología 8
2.2.1. Marco geológico regional 8
2.2.2. Estratigrafía Local. 9
2.2.3. Geología del Proyecto Punta La Paz 13
2.2.4. Geología Estructural. 17
2.2.5. Geología Subsuelo. 18
3. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA **18**
3.1. Condiciones naturales de la cuenca 18
3.1.1. Hidrografía del proyecto Punta La Paz 19
3.1.2. Fisiografía 22
3.1.3. Edafología 23
3.1.4. Uso de suelo y vegetación 24
3.2. Climatología de la zona de proyecto 26
3.2.1. Polígonos de Thiessen 26
3.2.2. Hidrométrica 28
3.2.3. Topográfica 29
3.3. Estudio hidrometeorológico 30
3.3.1. Climatología de la cuenca en estudio y en la zona de proyecto 30
3.3.2. Precipitación 30
3.3.3. Temperatura 31
3.3.4. Datos hidrométricos 32
3.4. Estimación de la erosión del suelo 32
3.4.1. Metodología simplificada y adecuada para utilizarse en nuestro país 34
3.5. Régimen de escurrimientos 39
3.5.1. Escurrimientos aforados 39
3.5.2. Método del Coeficiente de Escurrimiento 40
3.5.3. Método de Langbein 43
3.5.4. Método del transporte de información hidrométrica 45
3.5.5. Escurrimiento medio anual seleccionado 46
3.6. Balance hidrometeorológico 48
3.6.1. Precipitación 48
3.6.2. Escurrimiento medio anual 48
3.6.3. Evapotranspiración Real 48
3.6.4. Infiltración potencial 50

4. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA 52
4.1. Situación administrativa del acuífero 52
4.2. Piezometría regional 56
4.2.1. Profundidad del nivel estático 56
4.2.2. Elevación del nivel estático 57
4.3. Hidrología subterránea (censo de aprovechamientos) 57
4.4. Manglar "Estero El Gato" 60
4.4.1. Antecedentes 61
4.4.2. Características hidroambientales 64
5. CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA 72
5.1. Muestreo de agua 72
5.2. Análisis de parámetros fisicoquímicos 73
5.3 Propiedades químicas / físicas 75
5.3.1 Oxígeno disuelto 75
5.3.2 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) 77
5.3.3 Sólidos totales disueltos (STD) 77
5.3.4 Sólidos suspendidos totales (SST) 79
5.3.5. Potencial de hidrogeno (pH) 79
5.3.6. Dureza total 80
5.3.7. Turbiedad 80
5.3.8. Conductividad eléctrica 81
5.4. Microorganismos 81
5.4.1 Escherichia coli 81
5.5. Sales 82
5.5.1 Nitratos 82
5.5.2 Nitritos 82
5.5.3 Fosfatos totales 83
5.5.4 Cloruros 84
5.6. Metales 84
5.6.1 Hierro total 84
5.6.2 Cromo 85
5.6.3. Fósforo total 85
5.7. Perfiles geoquímicos 86
6. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA 91
6.1 Método Electromagnético. 91
6.2. Unidades Resistivas. 94
6.3. Perfiles de Resistividad 96
6.3.1. Perfil de resistividad N. 01 98
6.3.2. Perfil de resistividad N. 03 100
6.3.3. Perfil de resistividad N. 06 102
6.4. Perfiles geoeléctricos. 104
6.4.1. Perfil Geoeléctrico N. 01 104
6.4.2. Perfil Geoeléctrico N. 03 106
6.4.3. Perfil Geoeléctrico N. 06 108

6.5. Condiciones estructurales.....110
6.6. Sitios propuestos para pozos.....114
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....116
8. CONCLUSIONES 126
9. RECOMENDACIONES.....127

RESUMEN

El presente estudio describe las actividades de campo y gabinete realizadas por Investigación y Desarrollo de Acuíferos y Ambiente SA de CV (IDEAS) en el periodo de febrero a marzo del 2025, para el proyecto Punta La Paz municipio de La Paz, Baja California Sur. Los objetivos y metas planteados se desprenden de los requerimientos solicitados por SEMARNAT y la opinión técnica de CONANP. Por tanto, los estudios tienen por meta final soportar las temáticas de hidrología superficial y subterránea como flujo ecohidrológico del sistema, porque si bien el proyecto Punta La Paz no se encuentra dentro de ninguna área nacional protegida (ANP), se localiza dentro de la zona de influencia adyacente al polígono del Área de Protección de Flora y Fauna Balandra que colinda con la zona federal y por tanto, su análisis forma parte del Manifiesto de Impacto Ambiental del proyecto que coordina Consultores en Gestión, Política y Planificación Ambiental S. C. (GPPA).

Las actividades programadas y posteriormente ejecutadas fueron: estudio hidrológico del área (evaluación, modelación y análisis de las microcuencas que intervienen en el agua superficial del área de estudio). Y la hidrología subterránea levantando un censo de aprovechamientos, medición de profundidad de nivel de agua (piezometría), muestreo de agua superficial, obtención de la estratigrafía superficial y subterránea y las estructuras geológicas que en el subsuelo conforman unidades hidrogeológicas, se determinaron con ejecución de sondeos electromagnéticos (TEM's). Con esta información y su calidad del agua se definió la condición actual de la interacción superficial y subterránea que en el litoral soporta el medio lagunar de los manglares.

EL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza dentro de la Región Hidrológica No. 6, Baja California Sureste; esta región se encuentra localizada en la zona Sureste de la península de Baja California, ocupa la parte oriental del estado de Baja California Sur desde Bahía Concepción hasta Cabo San Lucas. Se localiza parcialmente entre los municipios de Mulegé, Comondú, Loreto, La Paz y Los Cabos. La superficie de esta región es de 11,590 km^2.

Hidrológicamente, la zona del proyecto Punta La Paz queda ubicado en la cuenca hidrológica El Coyote la cual comprende desde el nacimiento del Arroyo Casas Viejas hasta su desembocadura en el Mar de Cortés, con un área de 274.49 km^2

A partir de la topografía a cada 1.0 m, obtenida del estudio LIDAR proporcionado por el Proyecto, se obtuvo el modelo digital de elevación, en donde se observa que en la parte suroeste del polígono del proyecto existen **zonas con elevaciones que van desde 1 a 25 msnm,** que configuran 15 microcuencas ubicadas al interior del predio del proyecto Punta La Paz y tres microcuencas al Este, fuera del área de estudio, propiamente ubicadas en el continente. Las microcuencas del predio son independientes en su escurrimiento de las continentales del Este y en ningún caso se interfieren. Es muy importante señalar que desde la **parte central del predio** se forma una divisoria de aguas, ya que las elevaciones **varían desde 25 a 55 msnm, y al noreste estas son de 10 a 25 msnm. Este pequeño lomerío forma dos vertientes principales una hacia el Golfo de California, y otra oriental que descarga en el sistema lagunar del estero Puerto Gato. Un tercero, menor, escurre hacia el Sur igualmente en el Golfo de California.**

CLIMATOLOGÍA

De acuerdo con los datos de la estación climatológica La Paz (DGE), ubicada dentro de la ciudad de La Paz y con influencia en la zona del proyecto, analizados para el período

de 1965 a 2024 (59 años) la **precipitación media anual es de 186.7mm**. La mayor lámina de precipitación se presenta en los meses de agosto y septiembre, en los que se alcanzan 43.3 mm y 67.0 mm, respectivamente

La temperatura media anual es de 24.2 °C. La temperatura media máxima se registra en los meses de julio y agosto, cuando se superan los 30.0 °C, mientras que las temperaturas medias mínimas se presentan en enero y diciembre, con 17.8 °C y 18.9 °C, respectivamente

Los escurrimientos obtenidos para las microcuencas de la parte Este fuera del proyecto, y que descargan al Estero Puerto Gato varían desde 311 a 5,219 m3/año y son las más importantes. La microcuenca más grande se localiza en la parte Este y fuera del proyecto, su descarga es hacia el Estero Puerto Gato, sin relación hidrológica con el área proyecto. El balance hidrometeorológico indica que la precipitación en las microcuencas varía desde 8,775 a 147,306 m^3/año de los cuales potencialmente se infiltran al subsuelo entre 80 a 1,348 m^3/año, que representa **un orden de 1 % de la lluvia por debajo del promedio para áreas del mismo tipo de climas.**

La erosión potencial indica que si no existe cobertura del suelo (suelo desnudo) y no se tienen prácticas de conservación del suelo y del agua, se pierden entre 2.0 y 30.6 ton/ha por año, lo que significa que anualmente se pierde una lámina de suelo entre de 0.2 y 3.1 mm (considerando que 1 mm de suelo es igual a 10 t/ha de suelo).

Sin embargo, la erosión actual en las cuencas del proyecto Punta La Paz, varia de 0.020 a 0.306 t/ha/año, lo que **indican que la erosión es muy baja e inferior a la erosión máxima permisible que en algunas regiones de México es de 10 ton/ha/año.**

EL MEDIO FÍSICO

Se llevaron a cabo recorridos en campo para observar las características geológicas y los afloramientos de rocas, así como levantar un censo de aprovechamientos, el cual tuvo la finalidad de la comprobación de la profundidad al nivel y calidad del agua subterránea y que, por ausencia de pozos en el área de estudio, se extendió a más de 5 km del entorno.

De acuerdo con las verificaciones de campo, se tiene que en la parte noroeste del proyecto (Punta Colorada), la litología está representada por rocas volcánicas, predominando de tipo volcanosedimentario y tobas ignimbriticas, sobre estas tobas se encuentran rocas sedimentarias que pertenecen a un conglomerado polimíctico en una matriz arenosa fina de color gris claro. En la parte norte del proyecto afloran las rocas volcanosedimentarias como brecha con clastos angulosos, el tamaño de los clastos presenta variación en tamaño en distintas partes del afloramiento.

En la parte norte del manglar Estero Puerto Gato a un costado de la carretera se aflora un conglomerado polimíctico de clastos de diferente tamaño, en una matriz arenosa fina y arcillosa de color gris, en la parte este del manglar sobre la carretera se encuentra aflorando la roca volcanosedimentaria, pero como brecha.

En la parte oeste del manglar y en límite de polígono del proyecto, se encuentra aflorando un conglomerado polimíctico formado por clastos de diferente tamaño, en una matriz arenosa fina y arcillosa de color gris. Tanto el conglomerado como las brechas presentan diferentes grados de consolidación y en porciones de litificación por un cementante remplazado de cálcico a silícico.

El censo de aprovechamientos mostró que en el área del proyecto no existen pozos que puedan dar información de la profundidad del nivel estático, el único pozo que se localizó

en la parte Oeste del proyecto se encuentra colapsado a 3.15 m sin presencia de agua; **fuera del polígono del proyecto, a 2 km aproximadamente hacia el Sureste, se localizaron 3 norias con profundidad del nivel estático entre 6 a 11 m, estas norias se ubican sobre el subálveo de un arroyo.**

Con los datos citados se sugiere que la elevación del nivel estático oscila entre 5.58 y 9.91 msnm, y la dirección del flujo subterráneo va del noroeste y converge con otro flujo en dirección al suroeste, es decir del continente hacia el mar (Playa Eréndira).

Durante los recorridos de campo se efectuó la medición de parámetros físicos del agua en 12 sitios, localizados dentro y alrededor del área del proyecto. Los parámetros físicos medidos en campo fueron: temperatura osciló entre 14.28 a 25.62 °C. El pH en el agua del Estero osciló entre 8.02 a 8.53 unidades de pH, con excepción del sitio L1 ubicado en la parte oeste que presenta un valor de 6.24, el agua de las norias el pH varía de 7.70 a 7.76 y muestra la influencia del agua subterránea en su descarga hacia el estero.

Los valores de conductividad eléctrica (CE) en el agua en el área del manglar varían desde 54370 a 57040 µS/cm, a excepción del sitio L6 que presenta un valor de 31440 µS/cm. La CE en agua de las norias varia de 5703 a 6787 µS/cm.

El **muestreo de agua superficial se realizó en 9 sitios, ubicados alrededor del proyecto Punta La Paz y en el Estero Puerto Gato,** para su posterior análisis por parte del laboratorio acreditado ante la EMA.

La calidad del agua del agua superficial fue evaluada de acuerdo con los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua protección de la vida acuática, agua marina (áreas costeras) y de los indicadores de calidad del agua superficial de CONAGUA. Los parámetros que no cumplen con los criterios ecológicos de calidad del agua, es el Hierro, nitritos, nitratos, SAAM y fosfatos.

De acuerdo con los Indicadores de calidad del agua de CONAGUA, 2 sitios (MLP-2 y MLP-3) no cumplen (contaminada) con la concentración de solidos suspendidos totales. Estos sitios se ubican en la parte noroeste del Estero Puerto Gato.

Se ejecutaron 21 sondeos electromagnéticos (TEM), la distribución de resistividades obtenidas en el subsuelo, permitieron clasificar un total de 5 unidades, asociadas principalmente a suelo y sedimentos de granulometría muy variada, generalmente no consolidados ni saturados (U1), una secuencia volcanoclastica (U2), brecha volcánica (U3), volcanosedimentaria por arenisca-conglomerado polimíctico, conglomerado polimíctico y areniscas (U4) y un intrusivo granítico (U5). Los valores más bajos, menores de 5 Ω*m, se asocian con áreas de intrusión marina.

Se elaboraron 6 perfiles, generados a partir de los 21 sondeos. Los perfiles sugieren como característica principal la presencia de un acantilado y una playa rocosa, esta última se ubica hacia la parte norte. La característica principal de estos dos rasgos morfológicos del relieve es el tono rosado de la toba riolítica que se encuentra en la base del afloramiento. Encima de esta roca aflora una secuencia de areniscas y conglomerados, de color gris con tonos de color café. Los conglomerados presentan clastos de diferente tamaño, los clastos son fragmentos de basaltos y andesitas.

En la parte oeste del proyecto, se presenta la sub-unidad U2b que presenta resistividades menores a 5 Ω*m con un espesor de 40 m, a partir de una elevación de 10 a 70 m. b.n.m. y se caracteriza por presentar la zona con intrusión salina, la cual se caracteriza por contener una toba pumicítica, con presencia de algunos depósitos (lentes) pequeños de conglomerado y arenisca. Dentro de esta unidad se tiene una zona fracturada

arenosa la cual permite la intrusión salina en los sondeos T-19 y T-16 el cual presenta un espesor de 50 m y penetrando a 300 m al continente.

La **sub-unidad U3b presenta un fracturamiento moderado** de la secuencia vulcanosedimentaria de areniscas conglomeráticas con resistividades de 5 a 20 Ω*m, y se puede apreciar a lo largo de todo el perfil, un espesor de 80 m en el sondeo T-10. La interpretación hidrogeológica de estos perfiles define que en esta unidad se constituye un **acuífero que varía de doble porosidad lenticularmente (fisurado y granular), por ello, se considera que por sus características sería de bajo rendimiento,** acorde a la litología. Los sitios de los sondeos 01 y T-10 podrían ser los mejores para pozos de extracción de agua subterránea en caso de optar realizar pruebas hidráulicas y calidad del agua, pero serían incapaces de sostener un abastecimiento de larga duración para el proyecto, vale recordar lo bajo del volumen de infiltración potencial obtenido. Lo anterior, sin considerar igualmente la veda del acuífero por Conagua.

En la parte suroeste (Punta Colorada), se presenta la sub-unidad U2b caracterizada por los conglomerados volcanoclástica gruesos que forman un acuífero de tipo mixto (fisurado-granular), se caracteriza por estar penetrado por intrusión marina, muestra una **geometría con espesor de 40 m y longitud de la pluma del orden de 1 km,** sin embargo, por su litología se espera de baja capacidad hidráulica (conforme diversos autores para este tipo de materiales), y sería incapaz de aceptar una inyección óptima con dispersión hidráulica capaz de aceptar volúmenes importantes de descarga. No obstante, para esta opción se consideró la mejor ubicación de sitios para pozos de inyección en este acuífero en caso de optar por perforar y realizar pruebas hidráulicas. Los mejores sitios se ubicaron aproximadamente a 1 km al suroeste del Estero Puerto Gato.

MODELO CONCEPTUAL HIDROGEOLÓGICO

Las evidencias geológicas, geofísicas e hidrogeológicas permiten definir que en el área de estudio existe un sistema acuífero de tipo libre, heterogéneo y anisótropo, que estratigráficamente puede presentar condiciones locales de semiconfinamiento y confinamiento debido a la presencia de estratos, y lentes de sedimentos arcillosos de baja permeabilidad. Secuencialmente el conglomerado polimíctico puede estar interestratificado y de compacto a semicompacto, lo que reduce su capacidad de permitir el paso del agua. Debajo, las rocas volcanosedimentarias que varían a brechas litificadas están compuesta por fragmentos angulosos cementados y cuyo resultado es una compleja distribución de las capas en el subsuelo y con ello una muy aleatoria conductividad hidráulica. Esta igual depende del sistema regional de fallas normales transpeninsulares, orientado casi N-S que las fisuró. El sistema es acuífero-acuitardo-acuífero en el orden de 200 m de espesor máximo en sitios específicos antes de alcanzar el basamento intrusivo. Las unidades hidrogeológicas tienen diferentes capacidades hidráulicas variables tendiendo toda a ser bajas, y pueden resultar al perforarse, sitios positivos y otros secos.

En su porción superior los sedimentos conglomeráticos y areniscas se encuentran mezclados con arenas aluviales, fluviales y eólicas formando un acuífero freático de baja capacidad, cuyo espesor puede alcanzar de 15 a 20 metros, en el centro y sur de la planicie del predio, por debajo de las capas citadas, se intercala la secuencia de rocas volcanosedimentarias entre las que destacan tobas ácidas, riolitas, ignimbritas y brechas que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento (medio rocoso fisurado), con gran complejidad y aleatoriedad en su capacidad hidráulica, debido a que estos materiales varían lenticularmente y pueden mostrar en sitios perforados baja permeabilidad con escasos resultados para soportar un abastecimiento a largo plazo.

1. INTRODUCCIÓN

Con base en la información proporcionada por Gestión, Política y Planificación Ambiental, S.C. (GPPA) y basado en el OFICIO ORE.SEMARNAT-BCS.01263/2024 del resolutivo del proyecto Punta La Paz, en el cual se niega la autorización en materia de Impacto Ambiental (MIA), por falta de información relacionada principalmente con su sistema de abastecimiento de agua subterránea salobre-salina y la disposición del agua de rechazo de una planta desalinizadora, así como sobre la interacción entre el gasto ecológico desde el continente hacia el ecosistema de manglares y aseguramiento de la conservación de su biodiversidad, aparentemente amenazada.

Con base en lo anterior, para obtener la información requerida por la autoridad, se llevaron a cabo actividades específicas que la Conagua como autoridad del agua requiere y que forman parte del resolutivo, con el objeto de obtener la información y dar el cumplimiento con el alcance requerido:

➢ **Hidrología costera hidrodinámica y de calidades del agua.** Alrededor del área del proyecto y del manglar se determinará la calidad del agua superficial, de acuerdo con los indicadores de calidad del agua de CONAGUA.

➢ **Modelo hidrogeofísico** para obtener características geológico-geofísicas del subsuelo y revisar si existe la posibilidad de ubicar pozos de abastecimiento. Tomando como base la inexistencia de pozos en el área de estudio, se requiere utilizar métodos indirectos para cumplimentar los modelos geológico del subsuelo e hidrogeológico conceptual, con ellos se determinará el nivel base actual del acuífero previo al proyecto, tanto en el predio del promovente como su entorno, se trata de definir si existen pasivos ambientales y en qué grado, así como identificar la geometría de la intrusión salina y con ello determinar la ubicación de los mejores sitios para pozos de extracción de agua salobre y soportar la decisión del sitio del agua de rechazo. En la región es conocido que el aprovechamiento de agua se ha realizado con extracción de agua marina (o salobre) del subsuelo, mediante pozos de bombeo playeros (costeros) con resultados variables y se dispone del agua de rechazo por medio de pozos de inyección (previa autorización de la Comisión Nacional del Agua – CONAGUA). El agua para su aprovechamiento requiere, por tanto, del tratamiento en Plantas de Osmosis Inversa (POI) que produzcan agua dulce que pueda ser usada en las diferentes actividades de consumo del proyecto.

Sin embargo, en el sitio se desconoce el caudal que puede extraerse por pozo (este se conoce hasta su construcción), así como el volumen que el sistema acuífero es capaz de aportar para ser desalinizado de manera sustentable. El proyecto bajo estudio, planea llevar a cabo diversas obras de infraestructura turística en terrenos del predio denominado Punta La Paz, municipio de La Paz, en el estado de Baja California Sur, para lo cual se requiere presentar la información para el Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA), por lo cual es necesario realizar los estudios hidrológicos e hidrogeológicos del predio.

➢ **Interrelación del medio hidrológico e hidrogeológico con los manglares**, se realizará al análisis hidrológico de las cuencas del área del proyecto, necesario para conocer las aportaciones de escurrimientos superficiales que de manera estacional aportan a las lagunas y la calidad mezcla del agua que sostienen a los manglares, y la interacción con las descargas de agua subterránea, en ambos casos se requiere conocer la dirección de corrientes y volúmenes de escurrimientos y en el caso del flujo subterráneo gradientes, direcciones del flujo y probables volúmenes de aportaciones al sistema, esto tiene la finalidad de no solamente identificar las mezclas de ambas fuentes y su caudal ecológico, sino además apoyar en el diseño de infraestructura necesaria para el proyecto en el riesgo por

inundación, teniendo en cuenta que en ningún caso la estructura o cimentación de las construcciones deberá interrumpir la hidrodinámica natural superficial y/o subterránea. El cuerpo de agua y el manglar deben considerarse como áreas de conservación que no están sujetas a desmonte o modificación de su hidrología.

➢ **Modelo hidrodinámico**. Con la información que se genere, se elaborará el modelo hidrodinámico para garantizar que se conservará la integralidad del flujo ecohidrológico del manglar, y se revisarán las ubicaciones de las descargas de salmuera para evitar que la dirección del flujo subterráneo cause efectos adversos al ecosistema.

1.1. Objetivo

El objetivo principal es: Determinar las principales características y condiciones actuales de los cuerpos de agua y la posible afectación del agua superficial y subterránea en el predio del proyecto Punta La Paz y su entorno, y verificar la condición actual del manglar y humedales para que se mantenga su sostenibilidad y armonía ambiental con la implementación del desarrollo turístico.

1.1.1. Objetivos específicos

- Caracterización y diagnóstico del acuífero.
- Conocer la superficie piezométrica del acuífero.
- Determinar la hidrodinámica del agua superficial y subterránea
- Conocer la condición del acuífero con respecto al predio y la ubicación del agua salobre, para definir la factibilidad de obtención de agua del acuífero a través de pozos de extracción para el suministro de agua del proyecto en la fase de operación.
- Conocer la factibilidad de inyección de aguas residuales tratadas al acuífero.
- Recomendar áreas favorables para la extracción de agua marina mediante pozos de extracción y de inyección, para su aprovechamiento en Plantas de Osmosis Inversa (POI) que produzcan agua dulce que pueda ser usada en las diferentes actividades del predio.
- Determinar la calidad del agua superficial alrededor del proyecto y del manglar.
- Obtener una línea base elemental del estado del humedal y su interacción continental marina para su sostenimiento sin afectación.
- Recomendar un plan de vigilancia ambiental por el promovente que aporte medidas preventivas para evitar el deterioro del humedal y afectaciones al medio marino.

2. CARACTERÍSTICAS FISICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1. Localización del área de estudio

El sitio de proyecto Punta La Paz se localiza en los 24°14'52.15" de latitud Norte y 110°19'6.70" de longitud Oeste. Geográficamente, el área de proyecto se localiza en la parte Sur del estado de Baja California Sur, dentro del municipio de La Paz, aproximadamente 11 km al Norte de la zona urbana de la cabecera municipal (Figura 2.1). De acuerdo con los términos administrativos de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) el proyecto se ubica dentro en la cuenca hidrológica El Coyote, que comprende desde el nacimiento del Arroyo Casas Viejas hasta su desembocadura en el Mar de Cortés.

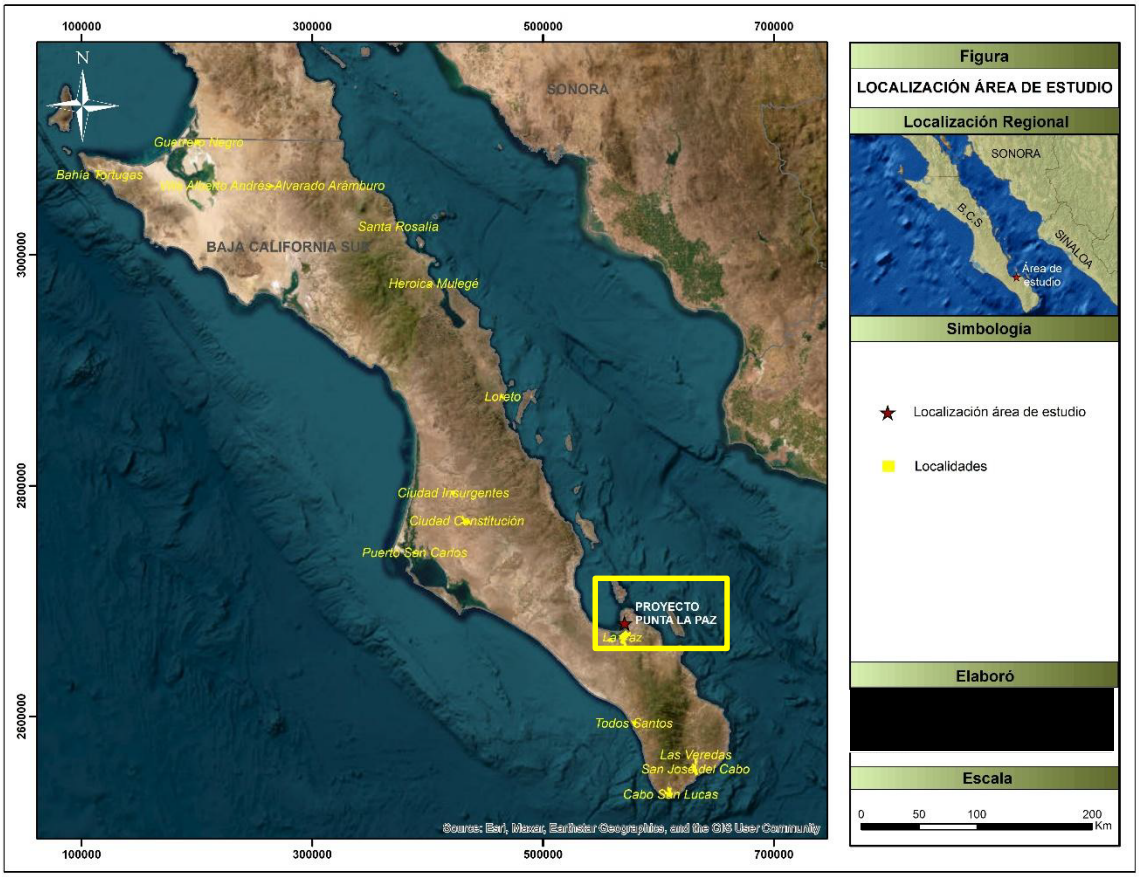


Figura 2.1. Localización del área del proyecto.

En la Figura 2.2 se presenta el polígono del proyecto Punta La Paz, ubicado a 3 km al Sur del Puerto de Pichilingue, en el municipio de La Paz, B.C.S.



Figura 2.2. Localización del sitio de proyecto**.**

2.2 Geología

2.2.1. Marco geológico regional

La provincia geológica que engloba al Estado de Baja California Sur; de acuerdo con la nueva nomenclatura de Ortega (1991), forma parte de las provincias geológicas: (32) Cuenca de Vizcaíno-Purísima, (33) Cinturón Orogénico Cedros- Vizcaíno, (34) Faja Volcánica La Giganta y el (35) Complejo Plutónico de La Paz, compuesta por rocas metamórficas, ígneas extrusivas e intrusivas y sedimentarias.

Además, la República Mexicana queda comprendida dentro de la porción sur de la cordillera norteamericana, la cual está formada por un mosaico de bloques corticales de diferente naturaleza limitados por fallas. Estos bloques se distinguen entre sí por su particular estratigrafía y arreglo estructural interno, característico de cada uno de ellos. Estos elementos fueron propuestos por Campa y Coney (1983), como “Terrenos Tectonoestratigráficos”. En el Estado de Baja California Sur, convergen los terrenos Vizcaíno, Guerrero y Guerrero-Vizcaíno (cubierta compartida volcánico-sedimentaria).

Al Terreno Vizcaíno, se le relacionó anteriormente como terreno Franciscan, se encuentra desde la parte norte del estado, desde la población de Bahía Tortugas hasta la isla Santa Margarita, formando un cinturón alargado de orientación NW-SE, sobre la costa del Océano Pacífico; constituida por el Melange Puerto Nuevo (TRs AF), Complejo Ofiolítico (Ji D-Ga), Fm. San Hipólito, compuesta por una alternancia de calizas y areniscas (TRsJi

Cz-Ar), granitos (Js Gr), gabros (Ks Ga), el Arco Volcánico Plutónico San Andrés-Cedros constituido por andesitas, tobas andesíticas y brechas volcánicas andesíticas (JiKi A-TA-BvA) y por las Formaciones. Eugenia con intercalaciones de lutitas, areniscas y conglomerados (JsKn Lu-Ar-Cgp), Asunción con intercalaciones de areniscas, lutitas y conglomerados (Ki Ar- Lu- Cgp) y Perforada compuesta por areniscas, lutitas y limolitas intercaladas (Ki Ar- Lu- Lm).

El Terreno Guerrero, anteriormente Terreno Alisitos, se presenta en tres localidades aisladas al norte sobre el paralelo 28º, en la isla San José y sobre la costa en áreas aledaña al poblado de Tembabiche y está constituida por parte del grupo Alisitos con andesitas y brechas volcánicas andesíticas (Kapa A-BvA) sobre la parte norte y por la Formación Los Pargos compuestas por lutitas y areniscas (JiKa Lu-Ar) al sur, en áreas aledañas al poblado de Tembabiche, y rocas sedimentarias metamorfizadas, localizada en la parte sur del estado desde el istmo de La Paz hasta los Cabos, compuesto por el esquisto Julián o Formación San Telmo (TRsJm E-Mar-Ma), e intrusionadas por granitogranodiorita (KsGr-Gd), gabro (KsGa), granodiorita-tonalita (Ks Gd-Tn).

Sobre las secuencias anteriores se depositó una cubierta compuesta de sedimentos y volcanismo del Terciario con mayor cantidad de paquetes sedimentarios, que tienen su mayor auge en el Mioceno, comprendido dentro del terreno Guerrero-Vizcaíno, (cubierta compartida volcano-sedimentaria) abarca casi todo el estado desde el paralelo 28º hasta el istmo de La Paz en una franja de orientación NW-SE y está constituido por las Formaciones: Valle-Valle Salitral compuesta por intercalaciones de areniscas, limolitas y conglomerado (Ks Ar-LmCgp), Tepetate-Bateque con areniscas, limolitas y conglomerados intercalados (TpaeAr-Lm-Cgp), El Salto compuesta por areniscas y tobas riolíticas (ToAr-TR),

San Gregorio con lutitas y areniscas (TomLu-Ar), San Isidro constituida por una alternancia de arenisca, limonita y conglomerados (TmAr-Lm-Cq), Comondú secuencia volcano-sedimentaria compuesta por intercalaciones de arenisca, conglomerado, tobas riolíticas y derrames de andesita, dacita y basaltos (TomArCgp-TR, Tm Ar-A, TmTR-Da-A, Tm Cgp-Ar y Tm B), Tortugas con areniscas y lutitas (Tm Ar-Lu), Calera con areniscas y conglomerados (Tm Ar-Cgp), Boleo con intercalaciones de arenisca, limonita y conglomerados (Tm Ar-Lm-Cgp) Almejas-Salada, Los Barriles compuesta por arenisca y limolitas (Tmpl Ar-Lm), Los Barriles-Trinidad-El Refugio alternancia de areniscas, lutitas y conglomerados (Tmpl Ar-Lu-Cgp), Gloria con areniscas y limolitas (Tpl Ar-Lm)), Infierno con arenisca y conglomerados (Tpl Ar-Cgp), El Chorro compuesta por conglomerado y arenisca (TplQpt Cgp-Ar), Santa Rosalía con arenisca y conglomerados (ArCgp-Cq) y el Grupo Tres Vírgenes con tobas dacíticas, tobas riolíticas y derrames de andesita, dacita y basaltos (Qpt TDa-TR-R, QptA-Da, QptB, Qpt Pu, Qpt BvA, Qpt A y Qpt B-A) y coronando a las secuencias anteriores en algunas zonas se tiene: conglomerados, areniscas, limolitas y coquinas (Qpt Cgp-Ar), (Qpt Cgp), (Qpt Ar-Lm), (Qpt Cq-Ar) y (Qpt Ar); así como por material residual y recientes compuestos por litoral, lacustre, eólico y aluvial (Qho li, Qho la, Qho eo y Qho al,con intrusiones de pórfidos riodacíticos (Tm PRd), pórfidos dacíticos (Tm PDa), pórfidos andesíticos Tm A, pórfidos riolíticos y tonalitas (Tm Tn).

2.2.2. Estratigrafía Local.

La geología del área de estudio, está representada por rocas ígneas intrusivas, secuencias sedimentarias y depósitos continentales que varían en edad del Cretácico inferior al Holoceno. integradas por las siguientes unidades litológicas, descritas a continuación, de la más antigua a la más reciente. (Figura 2.3).

Cretácico Superior (KsTn), (KsGr).

Se tienen dos unidades intrusivas representadas por una tonalita (KsTn) y granito (KsGr). La tonalita aflora hacia las porciones centro centro-sur y noreste-este de la carta geológica (G12-D83)., bordeando al macizo cristalino de composición granítica, formando los flancos de la sierra Las Cruces. En su mesostasis se le observa foliación magmática manifestada por el alineamiento preferencial de los minerales que la componen. Su textura es de grano grueso y su relación estratigráfica con el granito es cortante.

El granito aflora en el centro de la carta cubriendo una superficie considerable. Su textura es de grano grueso, color rosado, forma la parte central de la sierra Las cruces. Se le ha considerado una edad del Cretácico Superior. Ambos intrusivos son cortados por diques de textura pegmatítica y aplítica de composición granítica, dispuestos en diferentes direcciones y originados por magmas residuales tardíos.

Terciario- Oligoceno (ToAr-Cgp), (ToCgp), (ToAr).

El Oligoceno está representado por una secuencia litológica constituida, de la base a la cima, por arenisca-conglomerado polimíctico (ToAr-Cgp), conglomerado polimíctico (ToCgp) y arenisca (ToAr). Los afloramientos de la arenisca y conglomerado polimíctico (ToAr-Cgp), están restringidos en el límite sur-centro de la carta, caracterizados por arenisca de color rojizo, en una alternancia de capas con fragmentos de tamaño de arena mediana. De manera interdigitada se tienen capas de conglomerado polimíctico conformado por fragmentos de rocas metamórficas y graníticas del tamaño de las gravas. Como un cambio de facies, se tiene un conglomerado polimictico (ToCgp), que aflora principalmente en la parte norte, así como dos pequeños afloramientos en el límite sur-centro de la carta, formando lomeríos con pendientes bajas y cerros aislados.

Hacia la parte sur está sobreyaciendo a la unidad de arenisca y conglomerado polimíctico, de manera concordante y transicional, mientras que hacia la parte norte está en contacto, discordante, sobre el granito. Esta unidad es de color café oscuro, rojizo en superficies intemperizadas, de textura de grano grueso a muy grueso, subredondeado, con imbricación sedimentaria hacia el oeste, con matriz escasa y compuesta por arena y arcillas. Se caracteriza por estar compuesta por clastos de andesita, toba, granito, conglomerado, cuarzo lechoso y caliza silicificada. De manera concordante y transicional se tiene arenisca (ToAr), aflora en la parte central-oeste de la carta. Es de origen eólico, de color rojizo a blanco, presenta estratificación cruzada, está compuesta principalmente por fragmentos de cuarzo bien seleccionado, del tamaño de arenas finas. La secuencia de areniscas se distribuye en afloramientos aislados. Se ha estimado una edad del Oligoceno para esta secuencia litológica.

Terciario- Mioceno (TmBvA-Cgo), (TmAr-Cgo), (TmRd), (TmB).

El Mioceno está representado por cuatro unidades: brecha volcánica andesítica y conglomerado oligomíctico (TmBvA-Cgo), aflora en la porción noroeste de la carta y no se observa su base, consiste de fragmentos de rocas andesíticas y basálticas en una matriz de arena, con buena cementación. La edad de la unidad es Mioceno temprano, de acuerdo a fechamientos K-Ar (Hausback, 1984). De manera interdigitada con la unidad anterior se tiene una secuencia volcanoclástica constituida por arenisca y conglomerado oligomíctico (TmAr-Cgo), sobreyace a la brecha con contactos irregulares, aflora en todo el extremo oeste de la carta, la secuencia está constituida de arenisca volcánica, conglomerado oligomíctico y tobas pumicíticas intercaladas, concordantes entre sí. La edad de esta secuencia es Mioceno temprano (Hausback, 1984). La riodacita (TmRd) forma mesetas que cubren las cimas de cerros aislados en el sector oeste, centro-oeste y porción suroeste de la carta. La edad de este derrame es de 19.2±0.5 Ma, obtenida mediante K-Ar (Hausback, 1984). El

basalto (TmB), contemporáneo a la riodacita, aflora en la parte oeste de la carta en forma de cerros aislados, sin que pueda ser distinguida su base.

Localmente, está representado por brecha volcánica andesítica y conglomerado oligomíctico que consiste de fragmentos de rocas andesíticas y basálticas en una matriz de arena. interdigitada con la unidad anterior se presenta una secuencia vulcanoclástica constituida por areniscas y conglomerado oligomíctico, sobreyace a la brecha con contactos irregulares, la secuencia está constituida de arenisca volcánica, conglomerado oligomíctico y tobas pumicíticas intercaladas concordantes entre sí. Se presentan también riodacitas en forma de mesetas que cubren las cimas de cerros aislados; así como basaltos contemporáneos que afloran en forma de cerros aislados.

Cuaternario- Pleistoceno. (QptCgp), (QptAr-Cgp).

El período Pleistoceno está representado por una serie de depósitos sedimentarios, dentro de los cuales se tiene un conglomerado polimictico (QptCgp), sus afloramientos están de forma dispersa en el sector oeste y noroeste de la carta, así como en la zona urbana y suburbana de la ciudad de La Paz. Estratigráficamente se sitúa al mismo nivel de la unidad de arenisca y conglomerado de la misma edad. Los clastos predominantes son de andesita, basalto, riodacita y granito, provenientes de afloramientos cercanos. También se incluye una secuencia de arenisca y conglomerado polimíctico (QptAr-Cgp), estos forman abanicos aluviales, depositados sobre varios tipos de rocas. Sus afloramientos están en los extremos este y oeste de la carta, en los valles de La Paz y San Juan de Los Planes. Los depósitos están conformados principalmente por fragmentos de rocas intrusivas y volcánicas, con pendientes casi horizontales. Su edad se considera como Pleistoceno, con base en correlaciones locales.

Cuaternario- Holoceno (Qhola), (Qhoeo), (Qhoal).

Del Holoceno se tienen sedimentos lacustres (Qhola), que cubren partes aisladas de la carta en su extremo noroeste, en la zona costera. Corresponden a los sedimentos localizados en las zonas costeras sujetas a inundaciones periódicas por las mareas e inundaciones ocasionales por avenidas extraordinarias de los arroyos en tiempos de lluvias. Ocupan zonas topográficamente bajas, cubiertas parcialmente por vegetación halófita, como pasto salado y manglares. Los sedimentos eólicos (Qhoeo) están restringidos a la parte occidental de la carta, en la punta de la barrera arenosa conocida localmente como El Mogote. Consisten en una serie de dunas costeras formadas por el transporte de agentes litorales (mareas y el viento). Los sedimentos aluviales (Qhoal), forman parte del relleno de las cuencas de La Paz en la parte occidental y San Juan de Los Planes en el sector sureste, así como la parte activa de los cauces de los arroyos. Están sobreyaciendo, discordantemente, a la mayoría de las unidades preexistentes.

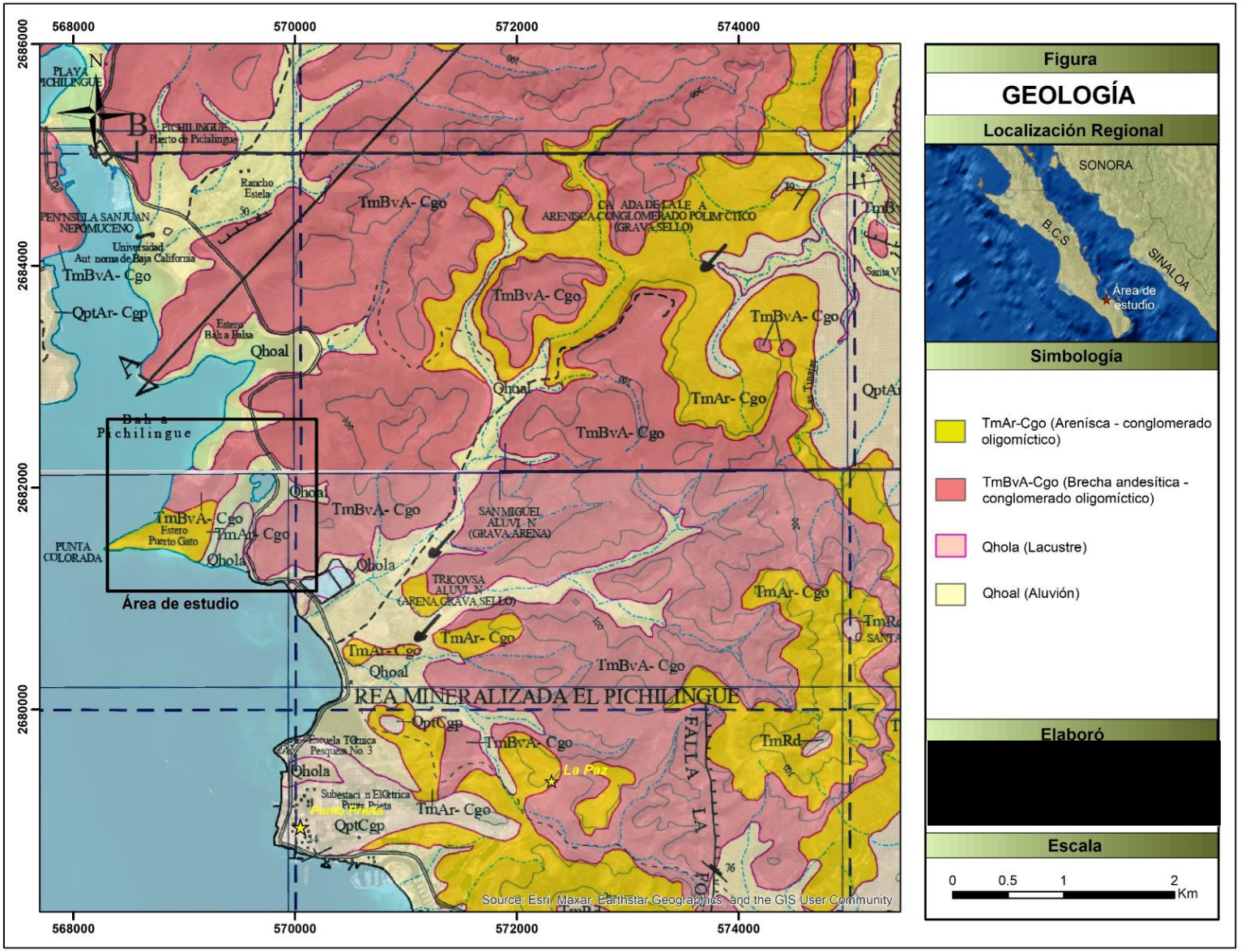


Figura 2.3. Geología local del área de estudio (Fuente: SGM).

2.2.3. Geología del Proyecto Punta La Paz

Se realizaron recorridos dentro del proyecto Punta La Paz, para verificar la geología, de acuerdo a las observaciones realizadas, se tiene que en la parte noroeste (Punta Colorada), está representada por rocas volcanosedimentarias y tobas ignimbriticas, sobreyaciendo a estas tobas se encuentra rocas sedimentarias que pertenece a un conglomerado polimíctico de una matriz arenosa fina de color gris claro (Sitio SG-1, SG-2).

En la parte norte del manglar Estero Puerto Gato a un costado de la carretera se encuentra aflorando un conglomerado polimíctico de clastos de diferente tamaño, con una matriz arenosa fina y arcillosa de color gris (Sitio SG-3)

En la parte este del manglar sobre la carretera se encuentra aflorando roca volcanosedimentaria (brecha) con un espesor de 6 m desde la superficie (Sitio SG-5).

En la parte norte del proyecto aflora roca volcanosedimentaria, brecha con clastos angulosos, presenta en distintas partes del afloramiento variación en el tamaño de los clastos (Sitio SG-6).

En la parte oeste del manglar y en límite de polígono del proyecto, se encuentra aflorando un conglomerado polimíctico de clastos de diferente tamaño, con una matriz arenosa fina y arcillosa de color gris, con un espesor de 4 m (Sitio SG-4).

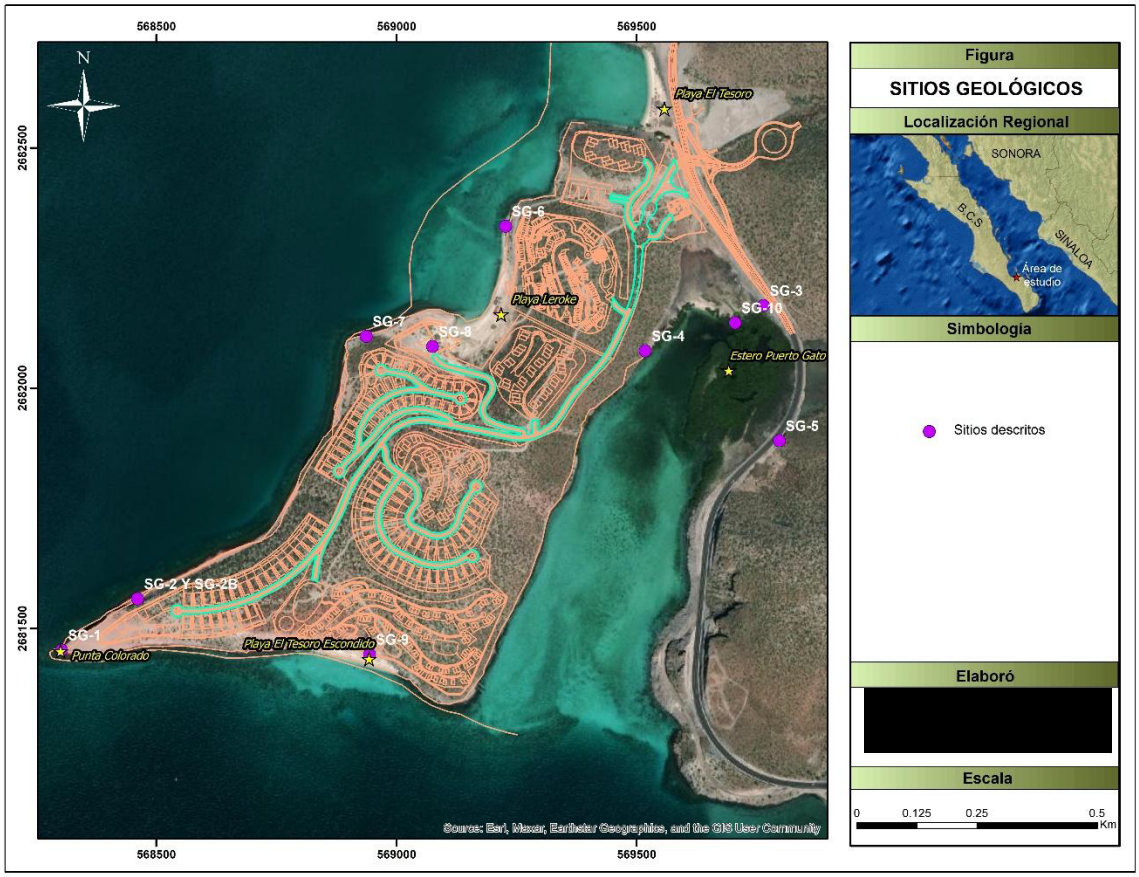


Figura 2.4. Sitios de verificación de geología del proyecto Punta La Paz.



Sitio SG-1. En la parte suroeste del proyecto en punta colorada se aprecia el afloramiento en la orilla de la playa rocas volcanosedimentarias, y tobas ignimbriticas, con restos de corales arrastrados por el oleaje del mar**.**



Sitio SG-2. En la parte noreste de punta colorada, afloran rocas volcanosedimentarias y tobas ignimbriticas, con presencia de corales arrastrados por el oleaje, en contacto normal se encuentran subyaciendo debajo de un conglomerado polimíctico**.**



Sitio SG-2B. En la parte noreste de punta colorada, sobreyaciendo a tobas ignimbriticas se encuentra rocas sedimentarias que pertenece a un conglomerado polimíctico de una matriz arenosa fina de color gris claro.



Sitio SG-3. En la parte norte del manglar a un costado de la carretera y en zona de inundación se encuentra aflorando un conglomerado polimíctico de clastos de diferente tamaño, con una matriz arenosa fina y arcillosa de color gris.



Sitio SG-4. En la parte oeste del manglar y en zona de inundación se encuentra aflorando a la superficie con un espesor de 4 m de un conglomerado polimíctico de clastos de diferente tamaño, con una matriz arenosa fina y arcillosa de color gris.



Sitio SG-5. En la parte este del manglar sobre la carretera se encuentra aflorando una roca volcanosedimentaria (brecha) con un espesor observable de 6 m desde la superficie**.**





Sitio SG-6. En la parte norte del proyecto aflora roca volcanosedimentaria, brecha con clastos angulosos, presenta en distintas partes del afloramiento variación en el tamaño de los clastos, se observa la presencia de vetillas de caliche y calcedonia, este afloramiento presenta un espesor en superficie desde la orilla de la playa de 4 m.




Sitio SG-7. En la parte oeste del proyecto aflora roca volcanosedimentaria, brecha con clastos angulosos, presenta en distintas partes del afloramiento variación en el tamaño de los clastos, así mismo se observa la presencia de vetillas de caliche este afloramiento presenta un espesor en superficie desde la orilla de la playa de 6 m.





Sitio SG-8. En la parte noroeste del proyecto se presenta acumulación de arena fina de color blanca que forman Dunas embrionarias (pioneras).



Sitio SG-9. Ubicado en la parte sur en la Playa el Tesoro Escondido, se presenta acumulación de arena fina de color blanca.



Sitio SG-10. Ubicado en la parte norte del manglar Estero Puerto El Gato, donde se presenta acumulación de arena fina de color blanca.

2.2.4. Geología Estructural.

La geología estructural está dominada por la actividad de las fallas de El Carrizal (fuera de la carta) y San Juan de Los Planes, las cuales definen las cuencas de La Paz en la porción occidental y San Juan de Los Planes en el sector sureste, consideradas como semi-fosas, separadas por la sierra de Las Cruces, la cual es un pilar tectónico entre ambas. Estas fallas pertenecen a un sistema regional de fallas normales transpeninsulares, orientado casi N-S, relacionado con la apertura del golfo de California.

La falla San Juan de Los Planes II es la estructura más prominente de este tipo, se localiza en el extremo oriental de la carta, con orientación preferencial casi N-S y una curvatura pronunciada hacia el NE en la sierra de Las Cruces. Su cinemática muestra que es una falla de tipo normal, con el bloque caído hacia el este, corta rocas graníticas y tonalíticas y las pone en contacto con areniscas y conglomerados pleistocénicos. Se interpreta que esta falla tiene actividad actual debido a que se observan otras fallas paralelas a ésta, que cortan y desplazan depósitos del Pleistoceno.

2.2.5. Geología Subsuelo.

De acuerdo con la reinterpretación de los cortes geológicos, las exploraciones geofísicas y las evidencias de campo, es posible identificar que el acuífero La Paz, es de tipo libre y está constituido, en su porción superior, por sedimentos aluviales y fluviales depositados tanto en los subálveos de los arroyos como en la planicie costera; la porción inferior se aloja en rocas volcánicas y vulcanoclásticas fracturadas.

Con esta información ha sido posible definir un basamento irregular, sobre el que se han depositado 3 unidades hidrogeológicas: sedimentos gruesos y areno-arcillosos, rocas volcánicas y piroclásticos y rocas pertenecientes al complejo ígneo-metamórfico. De éstas, únicamente tienen importancia hidrogeológica y constituyen acuíferos los depósitos de la primera unidad y, en menor escala, los materiales volcánicos (aglomerados y tobas).

El sistema acuífero presenta un espesor máximo de 400 m, con características de buena porosidad, pero con permeabilidad variable que le confieren los depósitos de origen aluvial, arenas finas a gruesas con arcillas, gravas, guijarros y cantos rodados, así como materiales terrígenos de origen volcánico como brechas y conglomerados. Esta secuencia presenta como base una capa volcánica poco permeable, que ocasiona condiciones de semiconfinamiento en los materiales de origen volcánico que la subyacen. Las fronteras al flujo subterráneo y el basamento hidrogeológico están conformadas por las mismas rocas volcánicas y vulcanosedimentarias, que a mayor profundidad desaparece, dado que se reduce el fracturamiento por las rocas del complejo ígneo-metamórfico.

3. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

3.1. Condiciones naturales de la cuenca

El área de estudio se localiza dentro de la Región Hidrológica No. 6, Baja California Sureste; esta región se encuentra localizada en la zona Sureste de la península de Baja California, ocupa la parte oriental del estado de Baja California Sur desde Bahía Concepción hasta Cabo San Lucas. Se localiza parcialmente entre los municipios de Mulegé, Comodú, Loreto, La Paz y Los Cabos. La superficie de esta región es de 11,590 km2.

En la Región Hidrológica No. 6, las corrientes superficiales principales son El Salto, El Mortero, El Novillo, Las Tarabillas, Timbabichi, Las Vírgenes y Cadejé.

El municipio de La Paz se localiza en la Región Hidrológica 6; la población de La Paz, cabecera municipal, se encuentra ubicada en la cuenca hidrológica La Paz, la cual comprende desde el nacimiento del arroyo El Novillo hasta su desembocadura en el Mar de Cortés, con un área de 1,410.3 km^2.

Hidrológicamente, la zona del proyecto Punta La Paz queda ubicado en la cuenca hidrológica El Coyote la cual comprende desde el nacimiento del Arroyo Casas Viejas hasta su desembocadura en el Mar de Cortés, con un área de 274.49 km^2 (Figura 3.1); de acuerdo con los resultados del estudio de disponibilidad media anual de aguas superficiales, publicados en el Diario Oficial de la Federación de fecha 28 de diciembre de 2023, **la cuenca El Coyote tiene un escurrimiento natural por cuenca propia 3.875 millones de m^3 anuales.**

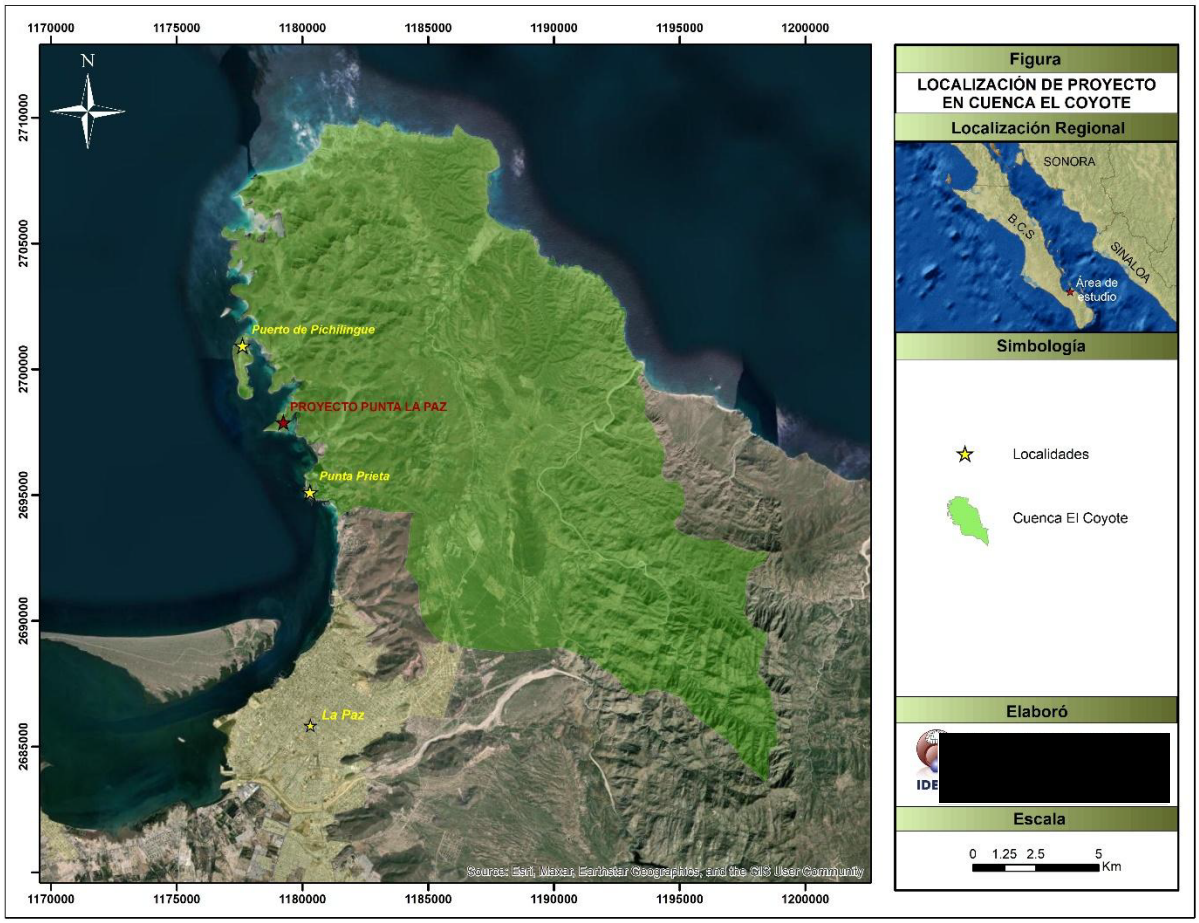


Figura 3.1. Localización del proyecto en la cuenca El Coyote.

3.1.1. Hidrografía del proyecto Punta La Paz

El polígono del proyecto tiene una superficie de 0.524 km^2. En él se ubican microcuencas que escurren en todas direcciones y descargan en el Golfo de California. En la Figura 3.2 se presenta el polígono del proyecto, y la red hidrográfica obtenida del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas, SIATL, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. De acuerdo con la información del SIATL, en el sitio de proyecto no existen escurrimientos superficiales.

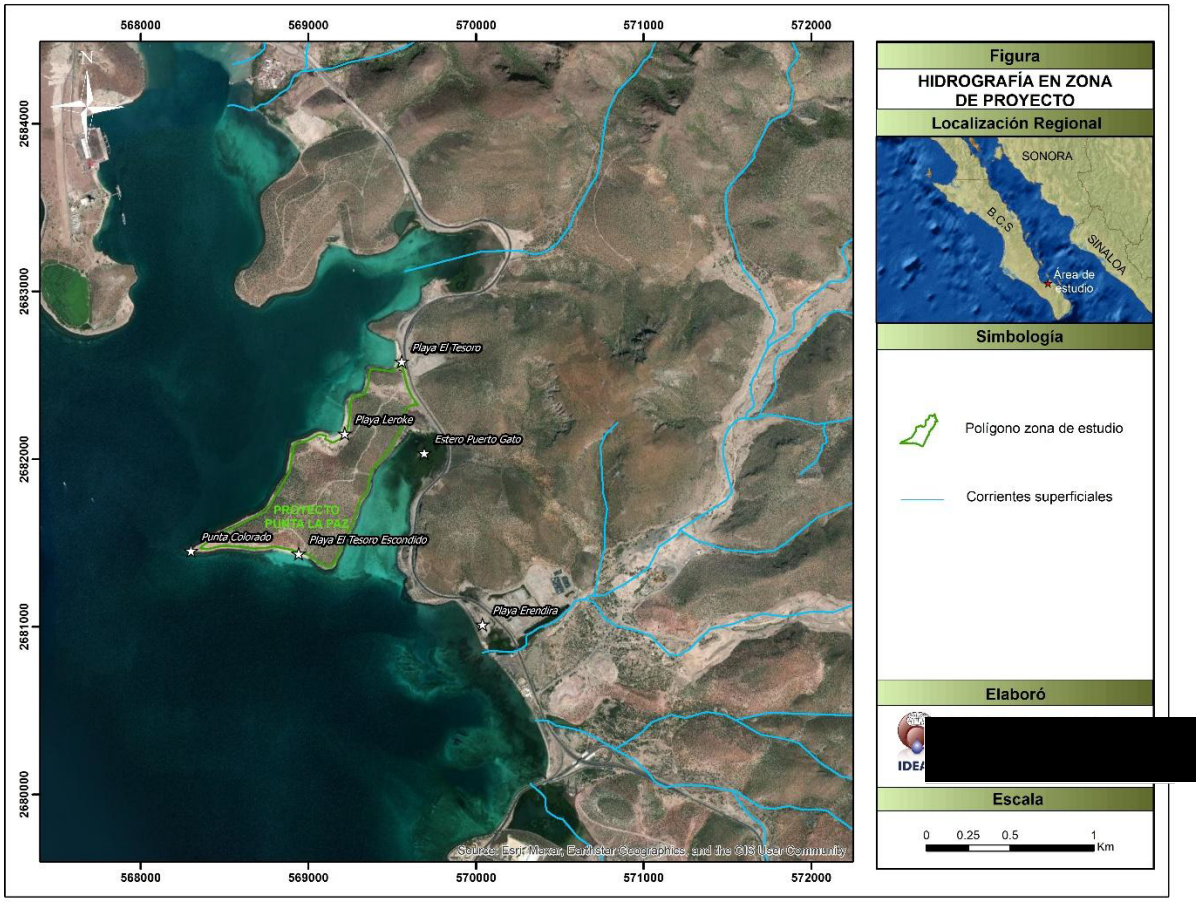


Figura 3.2. Hidrografía en la zona donde se localiza el proyecto Punta La Paz.

En la Figura 3.3 se presenta la delimitación de las microcuencas, indicando los escurrimientos a partir de los modelos digitales de elevación obtenidos; en la figura se presentan los cauces que pudieran presentarse, aunque físicamente, en las condiciones actuales no se observan cárcavas de magnitudes importantes en la superficie del terreno.

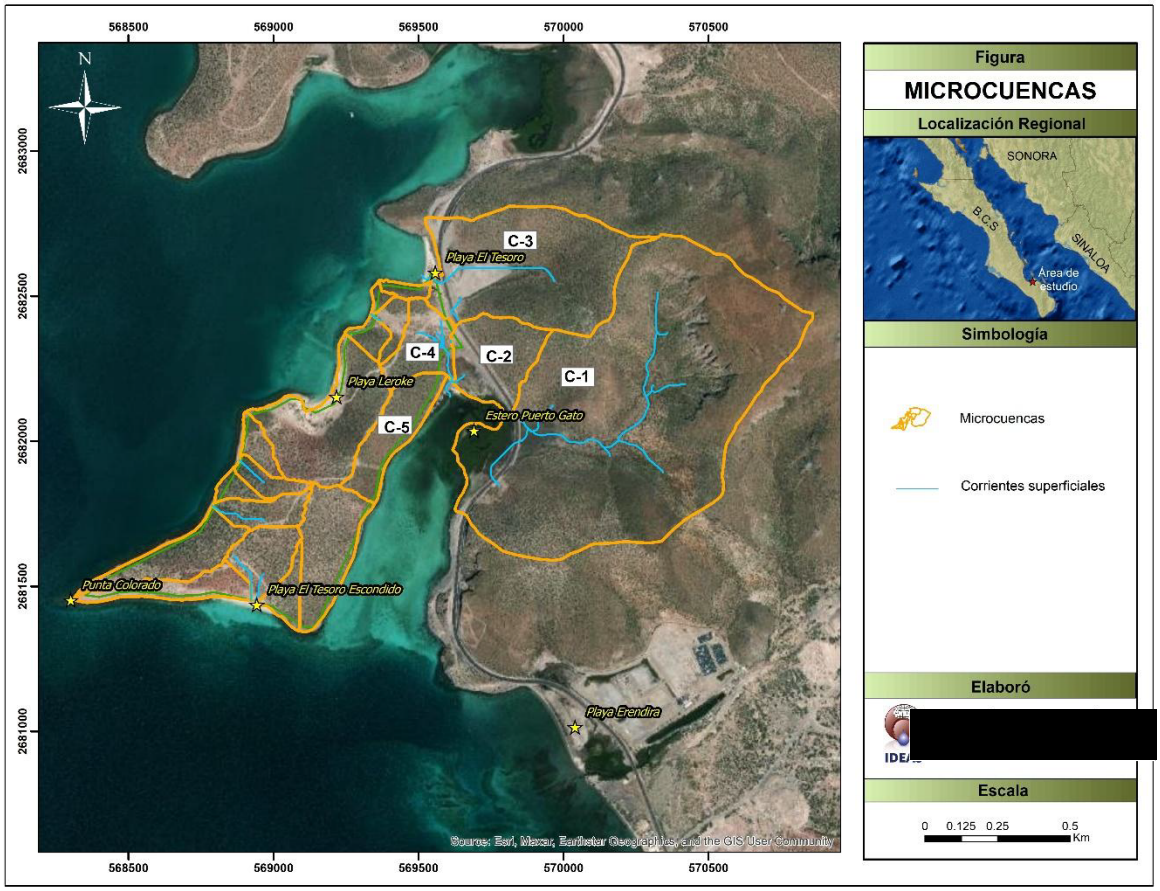


Figura 3.3. Hidrografía de la cuenca hasta el proyecto

En la Figura 3.4 se presenta la dirección de los escurrimientos de las microcuencas, donde se observa que el flujo superficial ocurre en todas direcciones, hacia el mar.

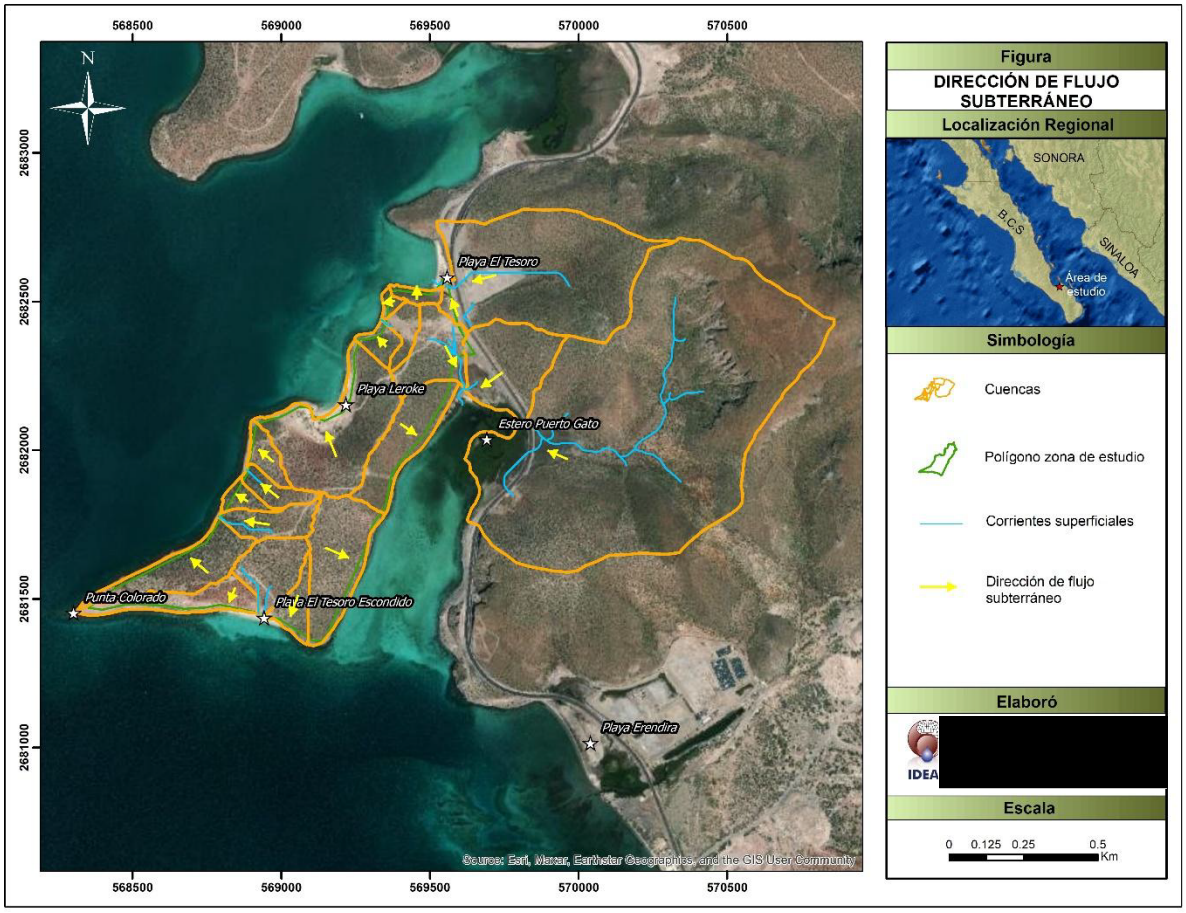


Figura 3.4. Dirección de los escurrimientos de las microcuencas.

3.1.2. Fisiografía

Considerando la clasificación del INEGI, la península de Baja California forma parte de la provincia fisiográfica denominada Provincia Península de Baja California. Se extiende al Norte hasta el límite internacional, que la separa de la California Estadounidense y al Noreste con la provincia fisiográfica Llanura Sonorense, que en el municipio de San Luis Río Colorado también forma parte de la Región I. En ella destacan la sierra de Juárez y la de San Pedro Mártir que se extienden a lo largo de la península, desde el límite internacional hasta la mitad del estado de Baja California. Las elevaciones más importantes varían entre los 2,000 y 3,000 msnm y se presentan en la sierra de San Pedro Mártir.

En la subregión Baja California Sur, las cumbres más elevadas se encuentran en la sierra de La Laguna con elevaciones de hasta 2,080 msnm, el volcán de las Tres Vírgenes con 1,940 msnm y las sierras de San Francisco y San Pedro, ubicadas en su porción Norte, con elevaciones de 1,000 a 1,500 msnm.

Provincia fisiográfica Península de Baja California

Políticamente esta provincia fisiográfica ocupa los estados de Baja California y Baja California Sur. En la porción Norte destaca la Sierra de San Pedro Mártir, con alturas que sobrepasan los 3,000 m (La Encantada, 3,100 msnm). En Baja California Sur descuella la cordillera de origen volcánico, conocida como Sierra de la Giganta. En esta provincia se localizan tres discontinuidades fisiográficas: el Desierto de Sebastián Vizcaíno, con amplios

llanos y médanos que se interrumpen hacia el Oeste por la sierra volcánica del mismo nombre; los Llanos de Magdalena, región con bajos y bolsones, que se inundan durante la época de lluvias y cuya costa arenosa se ve interrumpida por el desarrollo de lagunas (varias de ellas comunicadas con el mar) y la Región del Cabo con serranías de granito (INECC, 2007).

La Región Hidrológica 6 queda conformada por las sierras La Giganta, Tarabillas y San Lázaro, que constituyen el parteaguas con la Región Hidrológica No. 3. Las estribaciones de su vertiente oriental constituyen un obstáculo para los vientos cargados de humedad, además de que se encuentran en la trayectoria de los ciclones que se internan al Golfo de California.

3.1.3. Edafología

En la Figura 3.5 se presenta un plano con la distribución espacial de los suelos en las microcuencas del proyecto Punta La Paz. Este plano fue obtenido de INEGI en escala 1:250,000. En la zona predomina el tipo de suelos Leptosol (LP).

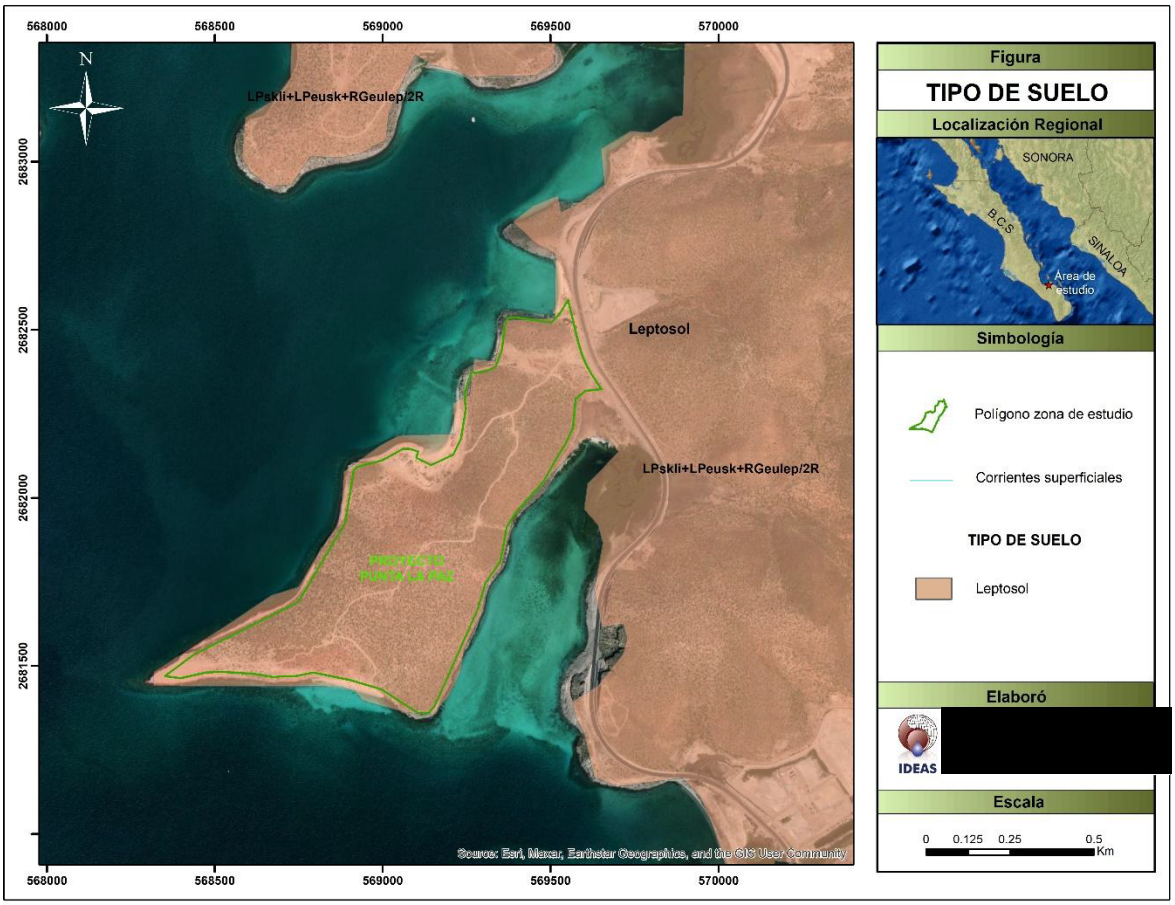


Figura 3.5. Tipos de suelo (edafología) hasta el sitio de proyecto.

3.1.4. Uso de suelo y vegetación

En la Figura 3.6 se presenta la distribución espacial de la vegetación en la cuenca. Este plano fue obtenido de INEGI en escala 1:250,000. En las microcuencas predomina el Matorral Sarcocaule (MSC). En el perímetro continental, por el lado Este del polígono del proyecto, existe una zona de manglar, que forma parte del Área de Protección de Flora y Fauna Balandra, la cual es una zona protegida para la flora y la fauna, en el municipio de La Paz, Baja California Sur.

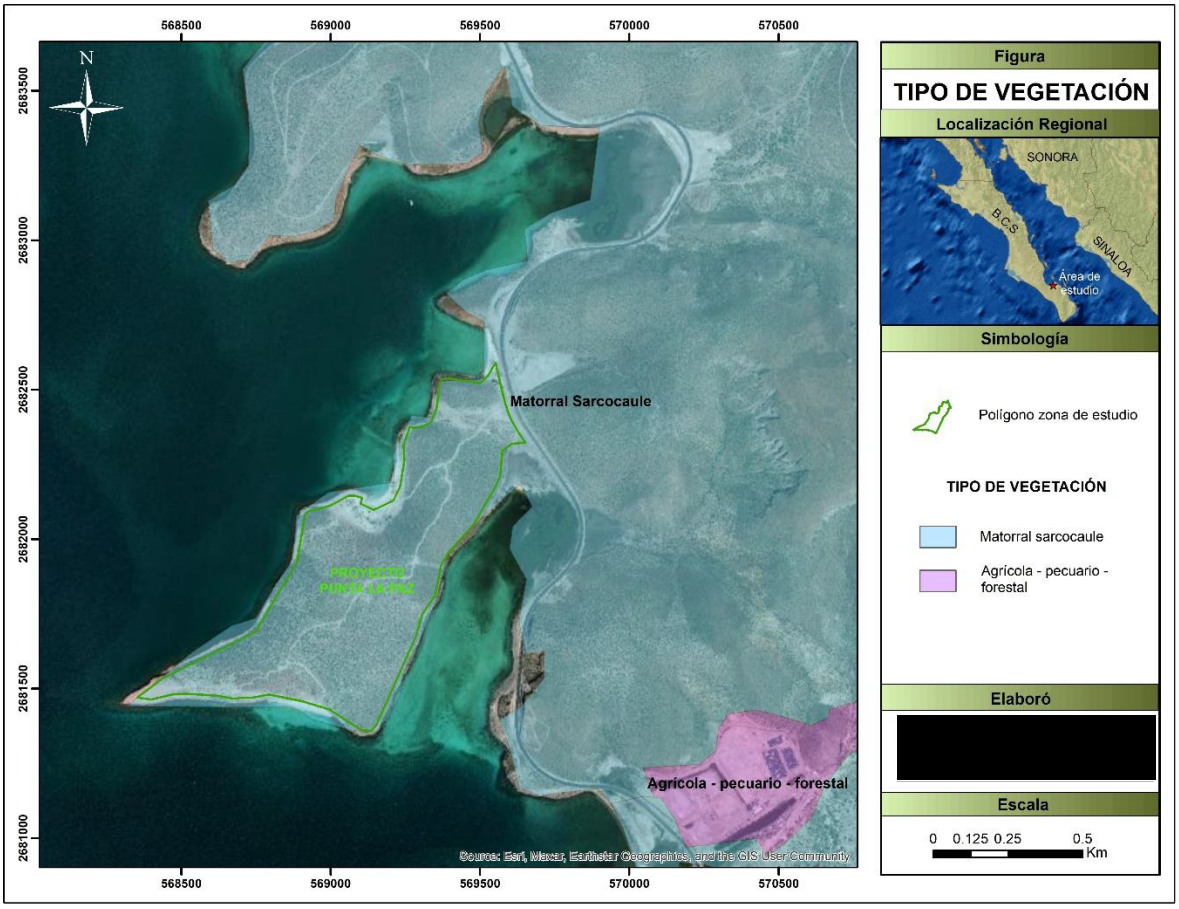


Figura 3.6. Tipos de vegetación en las microcuencas del sitio de proyecto.

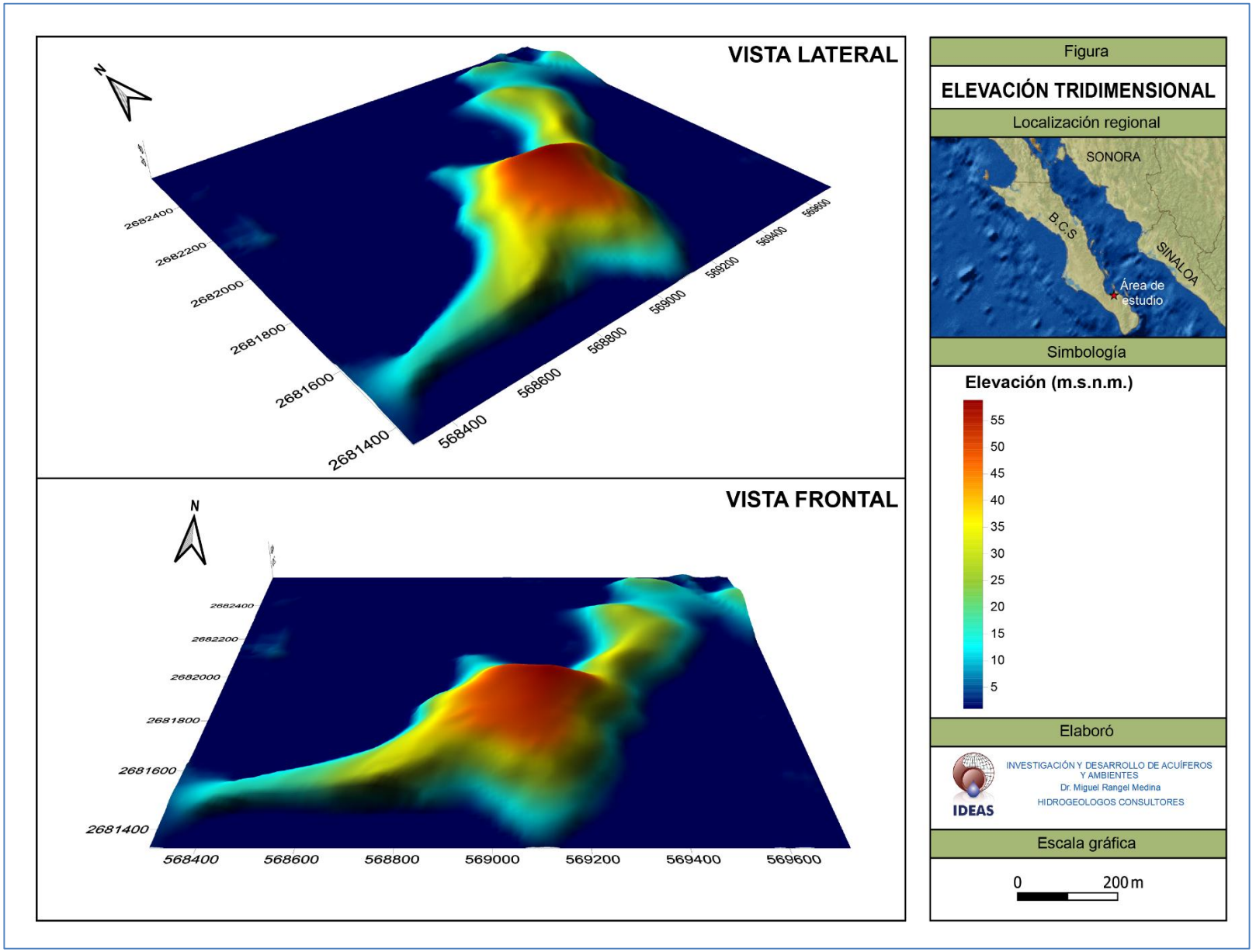


Figura 3.7. Modelo Digital de Elevación en la zona del Proyecto Punta La Paz**.**

3.2. Climatología de la zona de proyecto

Con base en la red de estaciones climatológicas localizadas en el estado de Baja California Sur, la cual es operada por la Comisión Nacional del Agua, se ubicaron las estaciones en la zona del proyecto Punta La Paz. La estación más cercana al sitio de proyecto es La Paz-DGE (3074), y las más próximas a la cuenca son La Paz Observatorio (3026), El Cajoncito (3011), Lagunillas (3023), Quemado (3195), Los Robles (3104) y Buenavista Sur (3194).

En la Tabla 3.1 se presenta un resumen de las estaciones mencionadas, indicando su localización y la elevación respecto al nivel del mar, de acuerdo con la página del Servicio Meteorológico Nacional.

Tabla 3.1. Estaciones climatológicas analizadas

Estación	Coordenadas		Elevación
	Lat. Norte	Long. Oeste	(msnm)
La Paz-DGE (3074)	24°08'05”	110°20'10”	16
La Paz Observatorio (3026)	24°07'00"	110°19'00"	10
El Cajoncito (3011)	24°08'45"	110°12'20"	200
Lagunillas (3023)	24°01'18"	110°21'19"	40
Quemado (3195)	24°03'08"	110°12'04"	390
Los Robles (3104)	24°02'10"	110°07'30"	665
Buenavista Sur (3194)	23°58'50"	110°09'00"	400

Para obtener la lluvia media en la cuenca, se aplicó el método de los polígonos de Thiessen.

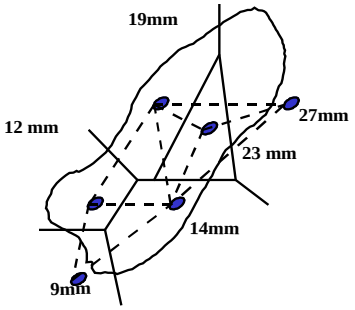
3.2.1. Polígonos de Thiessen

El método de los polígonos de Thiessen, consiste en asignar a cada estación una zona de influencia limitada por rectas que bisecan a las líneas que unen las estaciones más próximas entre sí y que son normales a dichas líneas y por el parteaguas de la cuenca. De este modo se forman los llamados polígonos de Thiessen (Figura 3.8). La lluvia media se calcula entonces como un promedio pesado de las precipitaciones registradas en cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente, esto se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T}\sum_{i=1}^{n} A_i h_{pi}$$

Donde:
$\overline{h}_p$ = Lluvia media buscada (mm)
AT = Área total de la cuenca (Km2)
n = Número de estaciones
Ai = Área de influencia de la estación i (%)
hpi = Precipitación de la estación i (mm)

Método de Thiessen



Precipitación observada	Área Km^2	Porcentaje de Área (%)	Precipitación ponderada
12 mm	4613	26.59	319.08 mm
9 mm	1170	6.74	60.66 mm
19 mm	2802	16.15	306.85 mm
14 mm	4061	23.41	327.74 mm
23 mm	3314	19.10	439.30 mm
27 mm	1390	8.01	216.27 mm
Por lo tanto:	17350	100	1669.9 mm

$$Hp = \frac{1669.9}{100} = 16.70 \text{ mm}$$

Figura 3.8. Lluvia media con el método de Thiessen (ejemplo).

El método de los polígonos de Thiessen sí toma en cuenta la distribución de las estaciones en el área de la cuenca, pero no los factores topográficos y de otro tipo que afectan a la distribución de la lluvia; este método es, sin embargo, más conveniente que el de las isoyetas, desde el punto de vista práctico, particularmente para cálculos repetitivos como cuando se analiza una gran cantidad de tormentas, pues los polígonos no cambian a menos que se agreguen o eliminen estaciones.

En la Figura 3.9 se presentan las estaciones climatológicas y los Polígonos de Thiessen en la zona de estudio.

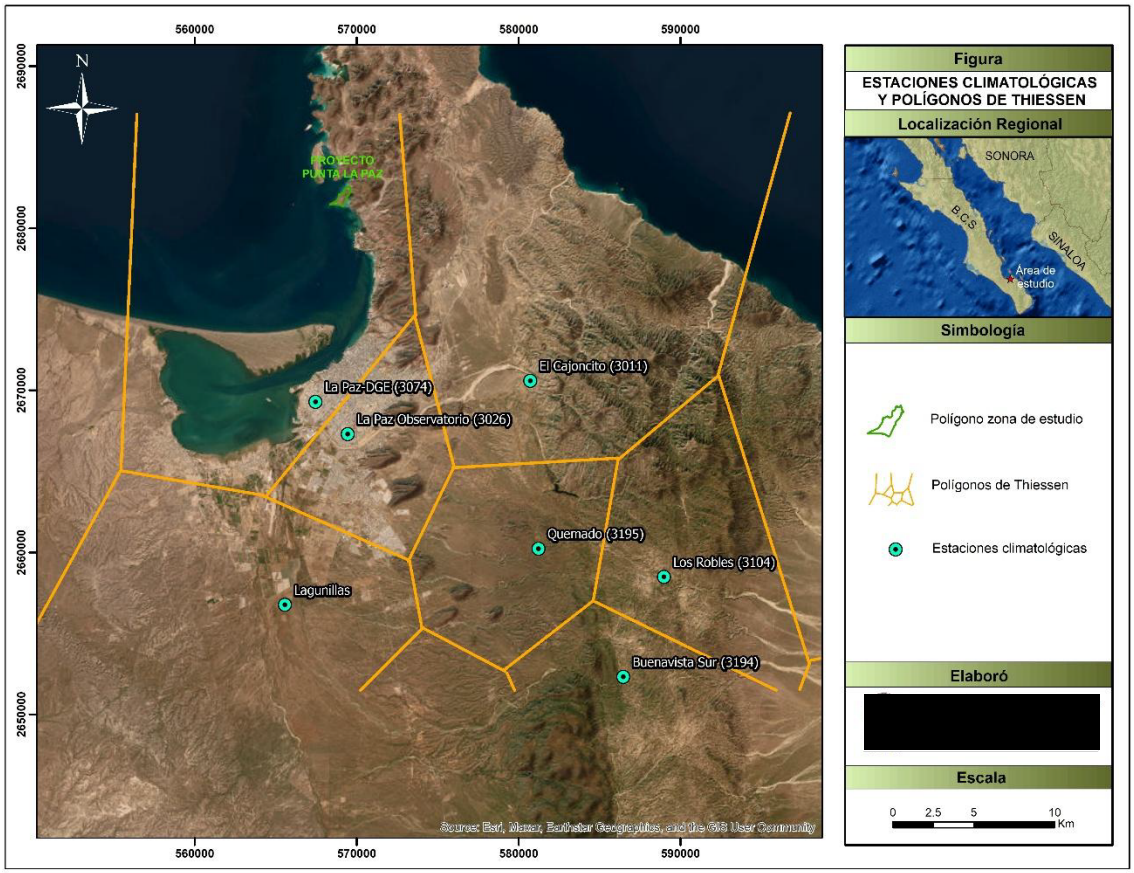


Figura 3.9. Estaciones climatológicas y Polígonos de Thiessen

Con base en los Polígonos de Thiessen, la estación con influencia en la zona del proyecto es La Paz-DGE (3074), con un 100%, por lo que se utilizaron sus datos en el análisis hidrometeorológico de las microcuencas. Los períodos con datos faltantes fueron complementados a partir de la información de las estaciones vecinas más próximas, utilizando el método del U.S. National Weather Service.

Considerando los datos de la estación La Paz-DGE, con la serie completa para el período 1965 a 2024, se obtuvieron las variables climatológicas, tales como precipitación y temperatura.

En la Tabla 3.2 se presenta los datos de lluvias totales y temperaturas medias anuales; **la precipitación media es de 186.7 mm y la temperatura media es de 24.2°C.**

Tabla 3.2. Precipitación total y temperatura media en la zona de estudio

AÑO	LLUVIA MEDIA (mm)	TEMP. MEDIA (°C)
1965	129.5	23.5
1966	205.1	23.1
1967	94.4	23.4
1968	133.3	23.1
1969	107.7	23.3
1970	75.3	23.5
1971	139.2	23.0
1972	365.0	24.0
1973	121.0	22.8
1974	167.0	22.5
1975	106.1	21.8
1976	368.8	22.3
1977	38.5	22.9
1978	113.0	23.2
1979	205.2	22.2
1980	62.1	23.3
1981	219.8	23.3
1982	357.3	22.8
1983	274.5	22.9
1984	481.6	22.8
1985	56.8	22.4
1986	198.5	23.0
1987	124.1	22.6
1988	35.0	22.6
1989	242.2	22.8
1990	222.0	22.5
1991	214.8	22.6
1992	134.4	24.2
1993	189.6	24.1
1994	197.7	24.6
1995	104.2	24.1
1996	168.5	24.4
1997	174.1	25.2
1998	257.9	24.8
1999	50.8	24.6
2000	91.0	24.1
2001	319.3	24.1
2002	123.9	25.1
2003	304.1	25.4
2004	157.2	25.1
2005	153.5	25.4
2006	179.6	26.0
2007	125.9	25.2
2008	130.4	25.7
2009	191.1	26.0
2010	27.6	25.2
2011	48.7	25.5
2012	286.3	25.6
2013	170.9	25.6
2014	301.6	26.8
2015	231.2	26.0
2016	174.9	26.2
2017	521.2	26.1
2018	362.5	26.2
2019	191.0	25.5
2020	88.7	26.0
2021	207.8	25.5
2022	135.5	25.2
2023	523.8	25.8
2024	17.2	25.7
PROMEDIO	**186.7**	**24.2**

3.2.2. Hidrométrica

La cuenca donde se encuentra el sitio de proyecto carece de información hidrométrica, por lo cual se llevó a cabo un análisis a partir de las características de la cuenca, y de la información de los parámetros climatológicos de las estaciones con influencia en la zona de estudio.

3.2.3. Topográfica

Para el análisis de las cuencas que se encuentran fuera el sitio de proyecto, se utilizaron los modelos Digitales de Elevación de Alta Resolución LiDAR del INEGI, con resolución de 5 m, tipo Superficie. El LiDAR es un sistema activo de rayos láser que emite un haz de luz sobre la superficie terrestre (pulsos) para luego recoger sus reflejos, también denominados retornos o rebotes. En la Figura 3.10 se presenta las curvas de nivel con equidistancia de 2.0 m obtenidas a partir de los modelos digitales de elevación.

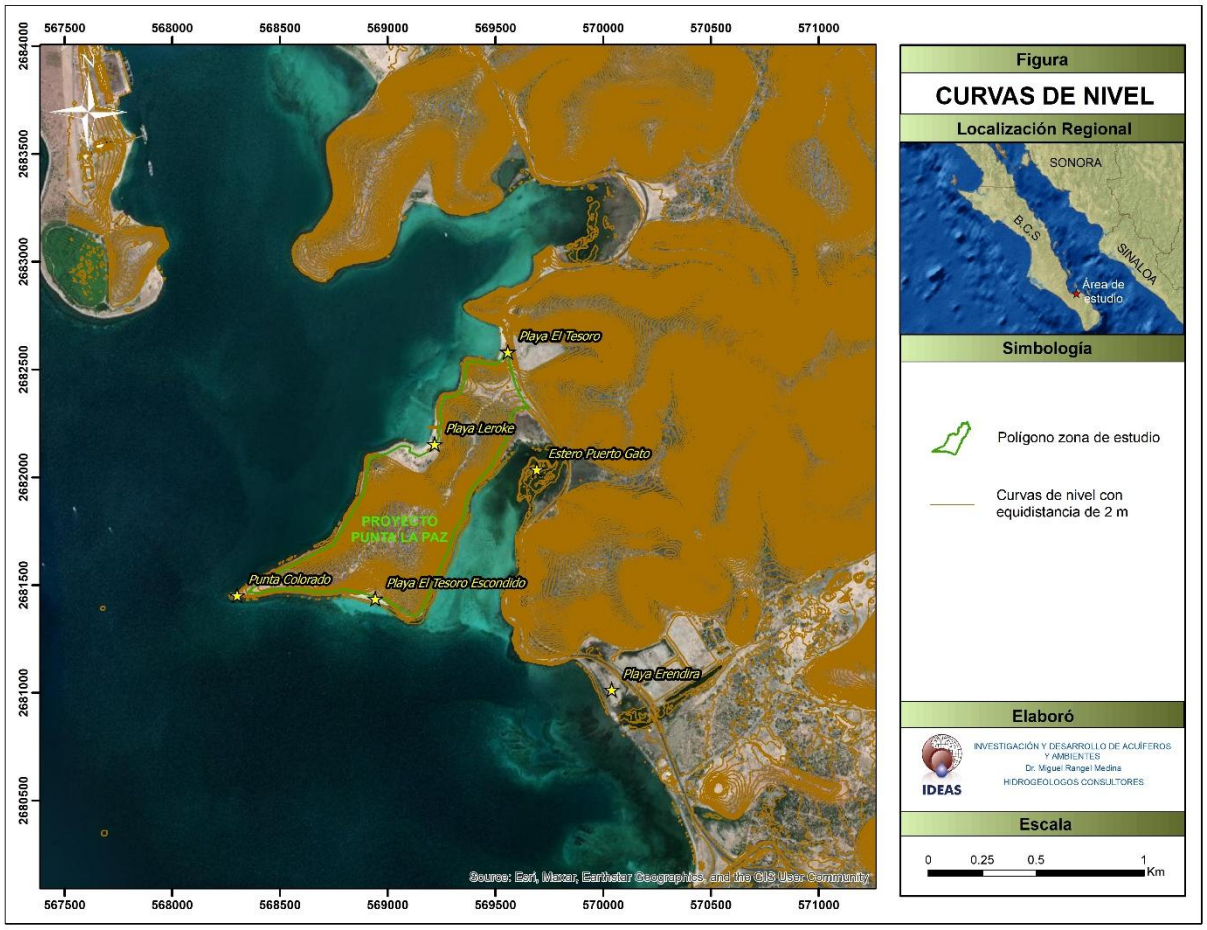


Figura 3.10. Curvas de nivel con equidistancia de 2 m.

Por otra parte, la configuración topográfica en el sitio de proyecto fue proporcionada a la empresa IDEAS, con curvas de nivel con separación a cada un metro (Figura 3.11). De los estudios de topografía se obtuvo el modelo digital de elevación, lo cual fue la base para definir las subcuencas y escurrimientos en la superficie del polígono.

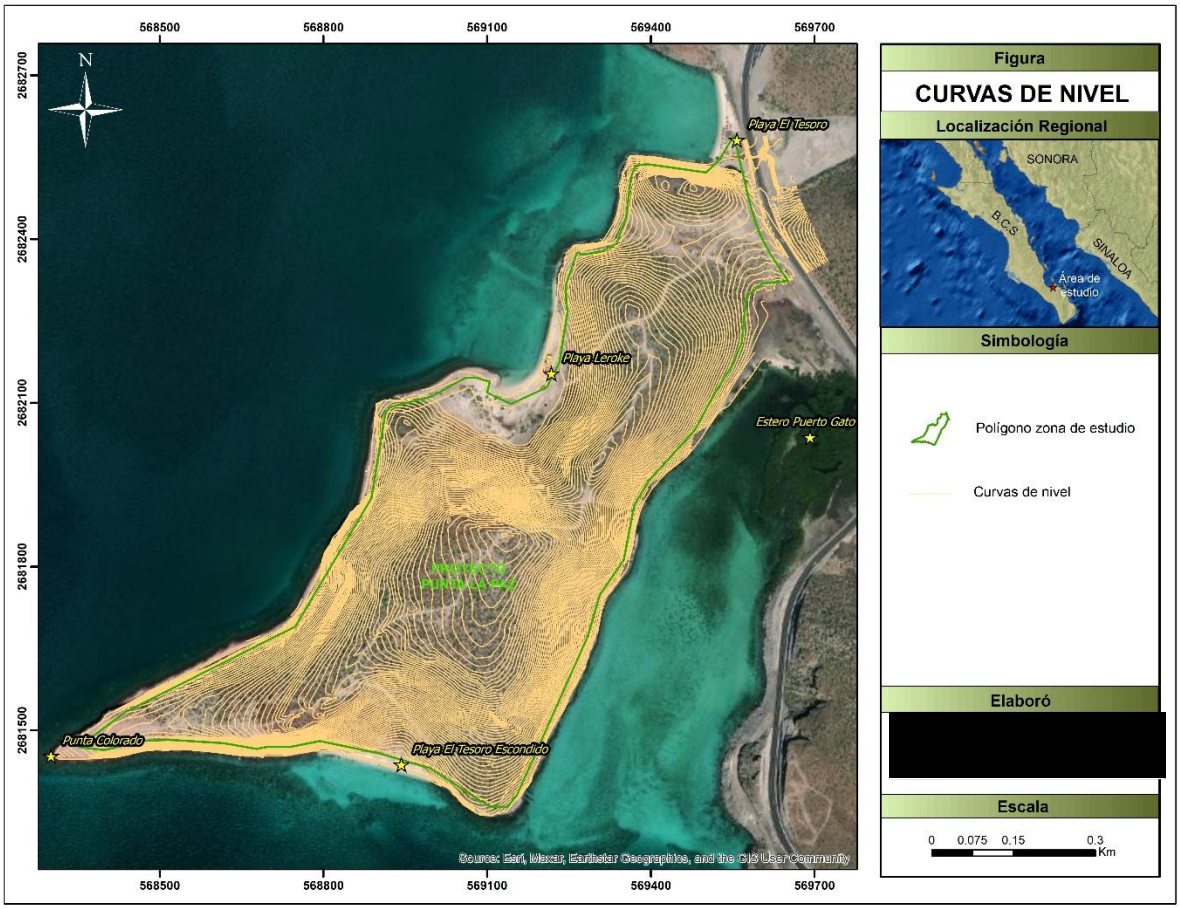


Figura 3.11. Curvas topográficas del terreno en la superficie de proyecto

3.3. Estudio hidrometeorológico

3.3.1. Climatología de la cuenca en estudio y en la zona de proyecto

De acuerdo con la clasificación utilizada por Köeppen, modificada por E. García, en la región domina el tipo de clima BW(h') w, el cual corresponde a muy árido, cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Las precipitaciones más importantes se presentan en el verano durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre, en tanto que el periodo de estiaje se presenta en los meses de marzo, abril, mayo y junio.

Por su cercanía a la zona de proyecto, es posible considerar como representativos la precipitación y temperatura media de la estación La Paz (DGE).

3.3.2. Precipitación

El régimen pluvial presenta en términos generales un período de ocurrencia, de julio a octubre correspondiente a la temporada de verano que es cuando se registran los valores más altos.

De acuerdo con los datos de la estación climatológica La Paz (DGE), ubicada dentro de la ciudad de La Paz y con influencia en la zona del proyecto, la precipitación media anual en el período de 1965 a 2024 es de 186.7 mm.

La mayor lámina de precipitación ocurre en los meses de agosto y septiembre, en los que se alcanzan 43.3 mm y 67.0 mm, respectivamente. El valor mínimo de lluvia se registra en el mes de abril, con 0.4 mm. En la Figura 3.13 se muestra el comportamiento de la lluvia a nivel mensual.

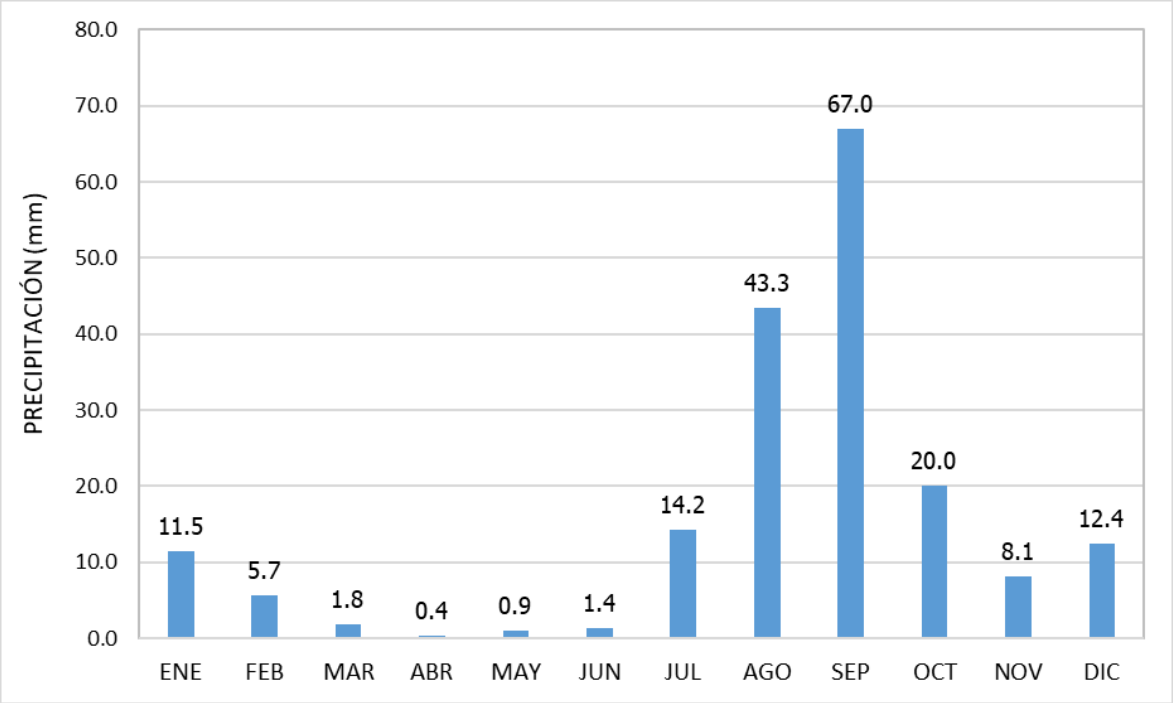


Figura 3.12. Precipitación media mensual

3.3.3. Temperatura

La información de temperatura media en las estaciones climatológicas indica que la media anual es de 24.2 °C. La temperatura media máxima se registra en los meses de julio y agosto, cuando se superan los 30.0 °C, mientras que las temperaturas medias mínimas se presentan en enero y diciembre, con 17.8 °C y 18.9 °C, respectivamente (Figura 3.13).

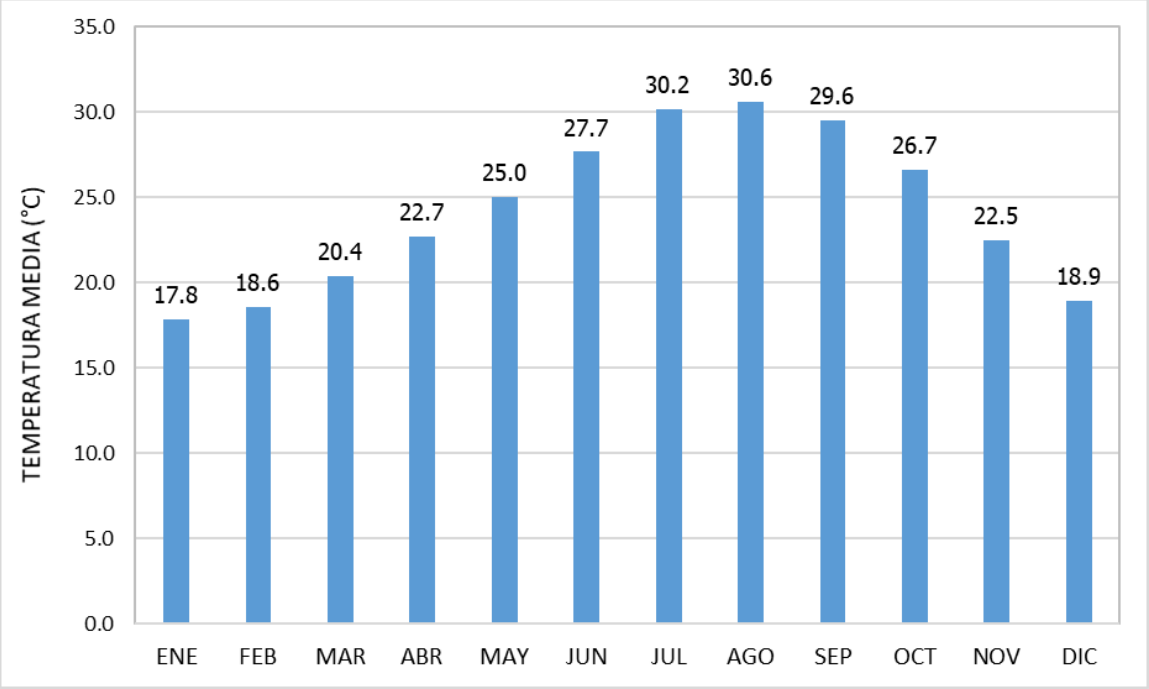


Figura 3.13. Temperatura media mensual

3.3.4. Datos hidrométricos

No existe información hidrométrica en las microcuencas del proyecto, ni en lugares cercanos, por lo que se utilizarán métodos indirectos para obtener los escurrimientos de las microcuencas en la región de análisis.

3.4. Estimación de la erosión del suelo

Se realizó la evaluación de la erosión actual y potencial con base en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), desarrollada por Wischmeier and Smith (1965) para estimar la pérdida de suelo promedio anual.

La EUPS es un modelo empírico, en el que la pérdida de suelo está expresada como masa por unidad de área por unidad de tiempo y es una función del efecto combinado de seis factores: Factor de erosividad de la lluvia (R); Factor de erosionabilidad del suelo (K); Factor longitud de pendiente (L); Factor grado de la pendiente (S); Factor manejo del cultivo (C) y Factor prácticas de conservación (P). La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo ayuda a predecir las variaciones en la erosión en función de los cambios en el uso y manejo del suelo y vegetación, a la vez que auxilia en la selección de éstos.

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) es:

$$E= R K L S C P$$

Donde:

E = Erosión del suelo ton/ha año.
R = Erosividad de la lluvia. Mj/ha mm/hr

K = Erosionabilidad del suelo.
LS = Longitud y Grado de pendiente.
C = Factor de vegetación
P = Factor de prácticas mecánicas.

La erosión potencial se estima como: Ep = R K LS

Los factores que intervienen en la erosión potencial se consideran como inmodificables.

La erosión actual se estima utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, que considera los factores inmodificables R K LS. Los factores de protección como son la vegetación y las prácticas y obras de manejo para reducir las pérdidas de suelo se pueden modificar.

Para considerar los sitios de manglar localizados en el Área de Protección de Flora y Fauna Balandra, la cual es una zona protegida que busca preservar la vida marina y la biodiversidad de la flora y fauna, se realizó el cálculo de la erosión del suelo en las microcuencas que aportan sus escurrimientos hacia los sitios donde se ubican los manglares, por el lado Este del polígono del proyecto Punta La Paz, así como la playa El Tesoro, por el lado Norte. En la Figura 3.14 se presentan las microcuencas delimitadas en el sitio de proyecto, y se calcula la erosión para las denominadas como C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5.

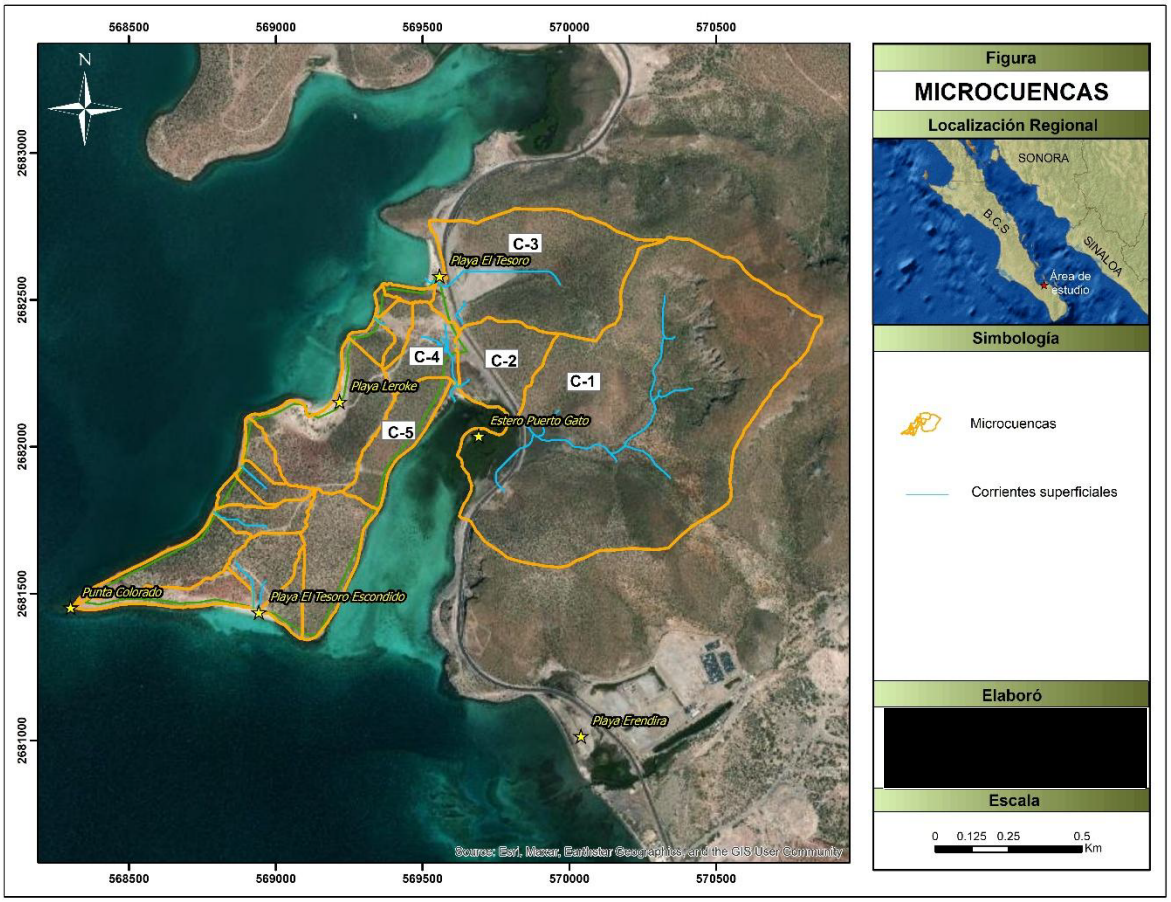


Figura 3.14. Microcuencas para el cálculo de la erosión del suelo.

3.4.1. Metodología simplificada y adecuada para utilizarse en nuestro país

Para utilizar este modelo, se han propuesto diferentes metodologías para estimar cada una de las variables; sin embargo, la aplicación de algunas de ellas en el campo es difícil de realizar por no contar con la información necesaria. Para evitar estos problemas, se aplicará una metodología simplificada y adecuada para utilizarse en nuestro país.

La erosividad (R) se puede estimar utilizando la precipitación media anual de la región bajo estudio. De acuerdo con este procedimiento se elaboraron modelos de regresión donde a partir de datos de precipitación anual (P) se puede estimar el valor de R de la EUPS (Tabla 3.3). Estos modelos de regresión son aplicados para 14 diferentes regiones del país mostradas en la Figura 3.15.

Tabla 3.3. Ecuaciones para estimar la Erosividad de la lluvia "R" en la República Mexicana.

Región	Ecuación	R^2
I	$R = 1.2078P + 0.002276P^2$	0.92
II	$R = 3.4555P + 0.006470P^2$	0.93
III	$R = 3.6752P - 0.001720P^2$	0.94
IV	$R = 2.8559P + 0.002983P^2$	0.92
V	$R = 3.4880P - 0.00088P^2$	0.94
VI	$R = 6.6847P + 0.001680P^2$	0.9
VII	$R = -0.0334P + 0.006661P^2$	0.98
VIII	$R = 1.9967P + 0.003270P^2$	0.98
IX	$R = 7.0458P - 0.002096P^2$	0.97
X	$R = 6.8938P + 0.000442P^2$	0.95
XI	$R = 3.7745P + 0.004540P^2$	0.98
XII	$R = 2.4619P + 0.006067P^2$	0.96
XIII	$R = 10.7427P - 0.00108P^2$	0.97
XIV	$R = 1.5005P + 0.002640P^2$	0.95

Se selecciona la región bajo estudio en el mapa de la República donde existen 14 regiones (Figura 3.12).

El área de proyecto se encuentra en la Región II; aplicando la ecuación correspondiente y una precipitación media anual de 186.7 mm, se tiene una Erosividad R de 870.7 Mj/ha mm/hr.

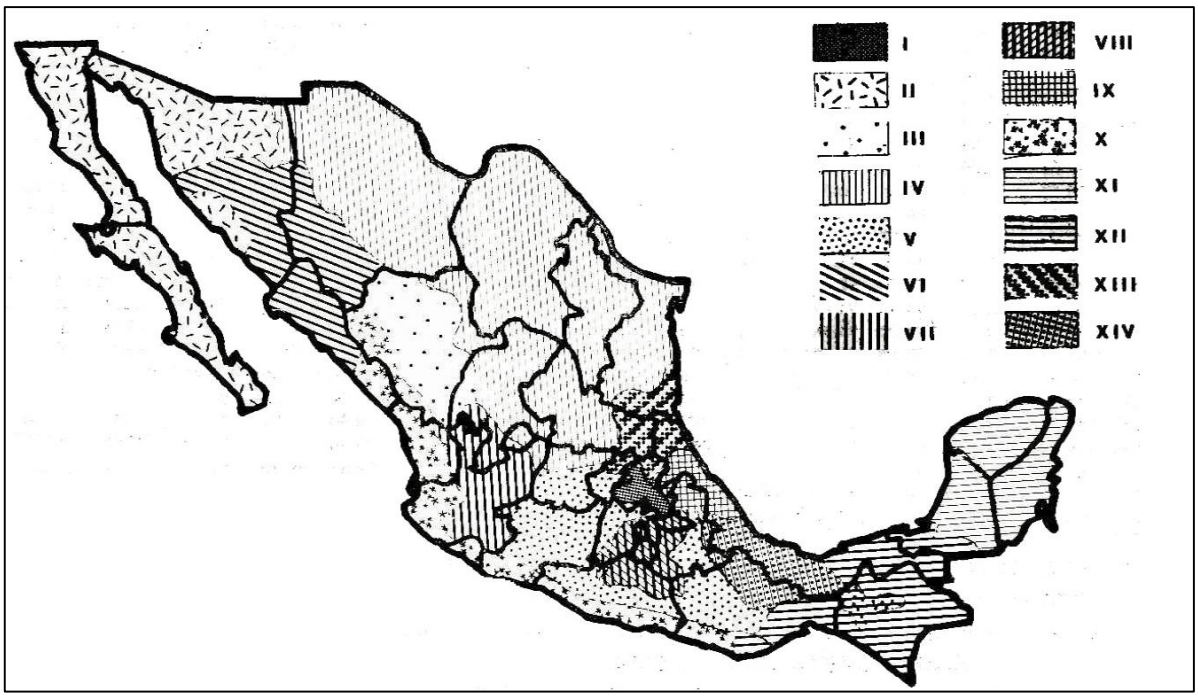


Figura 3.15. Mapa de regiones con igual Erosividad en la República Mexicana

Erosionabilidad (K). La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende del tamaño de las partículas del suelo, del contenido de materia orgánica, de la estructura del suelo en especial del tamaño de los agregados y de la permeabilidad. Para su estimación se utilizan fórmulas complicadas; para condiciones de campo se recomienda el uso de la Tabla 3.4, para que, con datos de la textura de los suelos y contenido de materia orgánica, se estima el valor de erosionabilidad (K).

Tabla 3.4. Valores de erosionabilidad de los suelos (K) estimado en función de la textura y el contenido de materia orgánica (Morgan 1985)

Textura	% de materia orgánica		
	0-0.5	0.5-2	2-4
Arcillo arenosa	0.014	0.013	0.012
Arcillo limosa	0.025	0.023	0.019
Arena	0.005	0.003	0.002
Arena fina	0.016	0.014	0.01
Arena fina migajosa	0.024	0.02	0.016
Arena migajosa	0.012	0.01	0.008
Arena muy fina	0.042	0.036	0.028
Arena muy fina migajosa	0.044	0.038	0.03
Limo	0.06	0.052	0.042
Migajón	0.038	0.034	0.029
Migajón arcillo arenosa	0.027	0.025	0.021
Migajón arcillo limosa	0.037	0.032	0.026

Textura	% de materia orgánica		
	0-0.5	0.5-2	2-4
Migajón arcillosa	0.028	0.025	0.021
Migajón arenosa	0.027	0.024	0.019
Migajón arenosa fina	0.035	0.03	0.024
Migajón arenosa muy fina	0.047	0.041	0.033
Migajón limoso	0.048	0.042	0.033
Arcilla	0.013 - 0.029		

Para la región de proyecto Punta La Paz predomina el tipo de suelos Leptosol, los cuales, de acuerdo con el INEGI, son:

Leptosol: Anteriormente están incluidos en el grupo de los Litosoles, del griego Lithos, piedra. Actualmente representan suelos con menos de 25 cm de espesor o con más de 80% de su volumen ocupado por piedras o gravas. Son muy susceptibles a la erosión. Se localizan generalmente en las zonas montañosas con más de 40% de pendiente como las sierras La Giganta, Del Burro, La Paila, San Carlos, del Pinacate y la Sierra Lacandona. Los tipos de vegetación más relacionados con los afloramientos rocosos son el matorral desértico rosetófilo, la selva baja caducifolia y el bosque de encino. El uso principal de este suelo es para agostadero. De acuerdo con la clasificación del INEGI, la clase textural en la zona de estudio corresponde a Gruesa (1), la cual corresponde a suelos arenosos con más de 70% de arena, con menor capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas.

Por lo anterior, si consideramos que la textura del suelo corresponde a arena y los contenidos de materia orgánica entre 0.5% y 2%, el valor de K sería de 0.003.

Longitud y Grado de pendiente (LS). Este factor considera la longitud y el grado de pendiente. La pendiente media del terreno se obtiene dividiendo la diferencia de elevación del punto más alto del terreno al más bajo entre la longitud del mismo.

$$S= (Hf-Hi)/L *100$$

Donde:
S = Pendiente media del terreno (%).
Hf = Altura mayor del terreno (m).
Hi = Altura menor del terreno (m)
L = Longitud del terreno (m).

Considerando las curvas de nivel obtenidas del levantamiento topográfico para las microcuencas que impactan en los terrenos del proyecto, se obtienen los parámetros de elevación Ha y Hb, así como la longitud L, para obtener la pendiente media del terreno en cada microcuenca.

Para calcular LS (el factor de grado y longitud de la pendiente) se puede utilizar la siguiente formula:

$$LS = (\lambda)m (0.0138 + 0.00965 S + 0.00138 S2)$$

Donde:

LS = Factor de grado y longitud de la pendiente.

λ = Longitud de la pendiente.

S = Pendiente media del terreno.

m = Parámetro cuyo valor es 0.5

Considerando los valores de longitud de la pendiente, la pendiente media del terreno y el parámetro m de 0.5, el valor de LS resultante se presenta en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Factor de grado y longitud de la pendiente (LS) en las microcuencas

Parámetro	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
Factor de grado y longitud de la pendiente, LS	8.710	11.733	7.035	0.760	8.058

Estimación de la Erosión Potencial. Considerando que R es igual a 870.7, que K es igual a 0.003 y que LS variable para cada microcuenca como fueron determinados previamente, la erosión potencial se estima sustituyendo estos valores en la ecuación correspondiente, como se presenta en la Tabla 6.4.

Tabla 3.6. Erosión potencial (Ep) en las microcuencas

Parámetro	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
Erosión potencial, Ep (t/ha/año)	22.7	30.6	18.4	2.0	21.0

La erosión potencial indica que si no existe cobertura del suelo (suelo desnudo) y no se tienen prácticas de conservación del suelo y del agua, se pierden entre 2.0 y 30.6 ton/ha por año, lo que significa que anualmente se pierde una lámina de suelo entre de 0.2 y 3.1 mm (considerando que 1 mm de suelo es igual a 10 t/ha de suelo).

Estimación de la Erosión Actual. A diferencia de la erosión potencial, la actual evalúa el efecto de la cobertura vegetal y de las prácticas mecánicas, en caso de existir (factores C y P). Para estimar la erosión anual es necesario determinar la protección del suelo que le ofrece la cubierta vegetal y la resistencia que oponen las prácticas mecánicas para reducir la erosión de tal forma que, si a la erosión potencial le incluimos los factores C y P, en caso de existir, entonces se puede estimar la erosión actual utilizando la ecuación.

$$E = R\ K\ L\ S\ C\ P$$

Factor de protección de la vegetación (C). El factor de protección (C) se estima dividiendo las pérdidas de suelo de un lote con un cultivo de interés y las pérdidas de suelo de un lote desnudo. Los valores de C son menores que la unidad y en promedio indican que a medida que aumenta la cobertura del suelo el valor de C se reduce y puede alcanzar valores similares a cero. Los valores de C que se reportan para diferentes partes del mundo y para México se presentan en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7. Valores de C que se pueden utilizar para estimar pérdidas de suelo

Cultivo	Nivel de Productividad		
	Alto	Moderado	Bajo
Maíz	0.54	0.62	0.8
Maíz labranza cero	0.05	0.1	0.15
Maíz rastrojo	0.1	0.15	0.2
Algodón	0.3	0.42	0.49
Pastizal	0.0	0.01	0.1
Alfalfa	0.02	0.05	0.1
Trébol	0.03	0.05	0.1
Sorgo grano	0.43	0.55	0.7
Sorgo grano rastrojo	0.11	0.18	0.25
Soya	0.48		
Soya después de maíz con rastrojo	0.18		
Trigo	0.15	0.38	0.53
Trigo rastrojo	0.1	0.18	0.25
Bosque natural	0.0	0.01	0.1
Sabana en buenas condiciones	0.01	0.54	
Sabana sobrepastoreada	0.1	0.22	
Mijo	0.4 a 0.9		
Arroz	0.1 a 0.2		
Tabaco	0.5 a 0.7		
Cacahuate	0.4 a 0.8		
Palma	0.1 a 0.3		
Café	0.1 a 0.3		
Cacao	0.1 a 0.3		
Piña	0.1 a 0.3		

En las microcuencas de la zona de proyecto Punta La Paz, en condiciones actuales la vegetación es de tipo matorral; para estimar la erosión del suelo considerando que en el terreno exista una cobertura vegetal moderada, entonces el valor de C sería de 0.01; sustituyendo valores, la Erosión Actual quedaría como se muestra en la Tabla 3.8 y Figura 3.16.

Tabla 3.8. Valores de la Erosión actual (E) en las microcuencas

Parámetro	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
Area (ha)	78.9	7.8	24.5	4.7	5.9
Erosividad de la lluvia, R (Mj/ha mm/hr)	870.7	870.7	870.7	870.7	870.7
Erosionabilidad, K	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Pendiente media del terreno, S	0.10086	0.17368	0.10615	0.02222	0.17647
Factor de grado y longitud de la pendiente, LS	8.710	11.733	7.035	0.760	8.058
Erosión potencial, Ep (t/ha/año)	22.7	30.6	18.4	2.0	21.0
Factor de protección del suelo, C	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Erosión actual, E (t/ha/año)	0.227	0.306	0.184	0.020	0.210

Los resultados indican que la erosión es muy baja e inferior a la erosión máxima permisible que en algunas regiones de México es de 10 ton/ha/año.

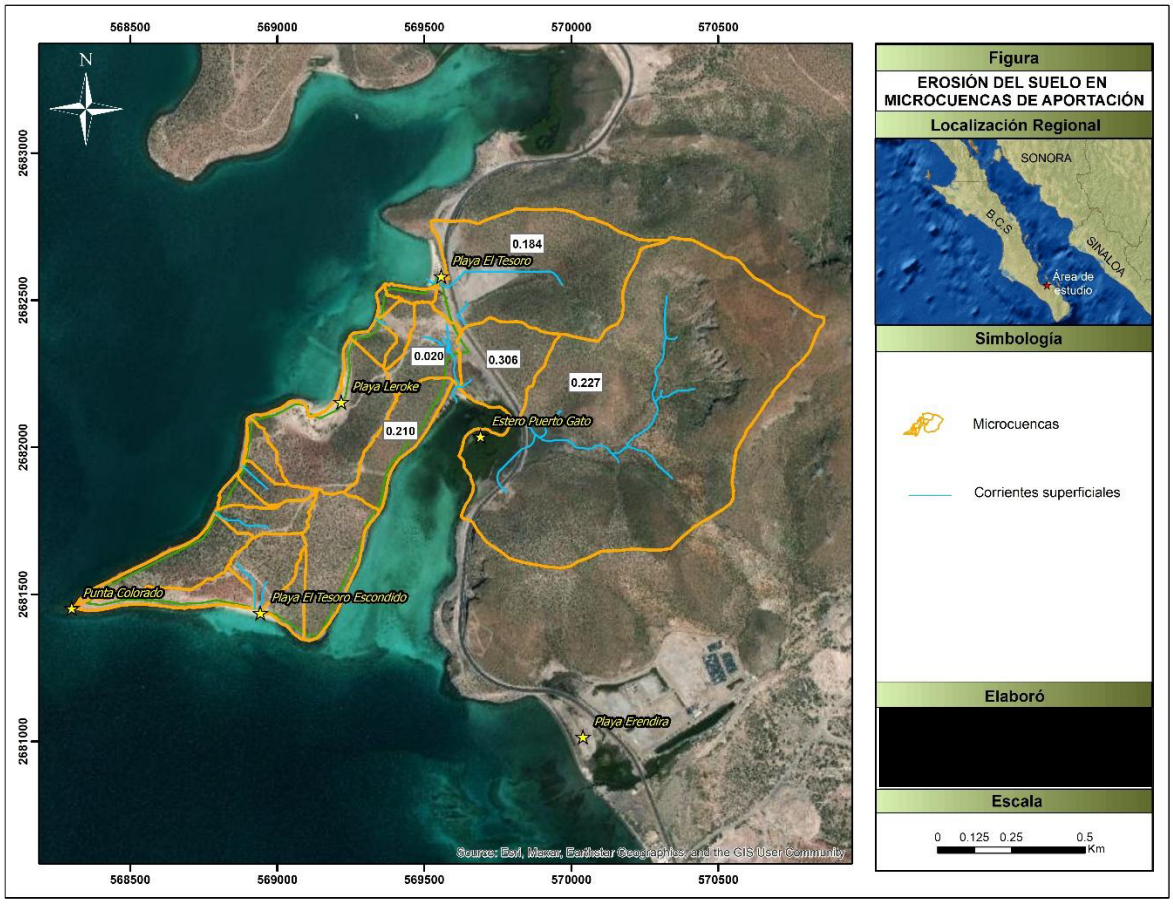


Figura 3.16. Erosión del suelo en las microcuencas de aportación (t/ha/año).

3.5. Régimen de escurrimientos

3.5.1. Escurrimientos aforados

En las microcuencas del proyecto Punta La Paz no existen escurrimientos aforados. Para considerar los sitios de manglar localizados en el Área de Protección de Flora y Fauna Balandra, se realizó el cálculo de los escurrimientos hacia los sitios donde éstos se ubican, por el lado Este del polígono del proyecto Punta La Paz, y hacia la playa El Tesoro, por el lado Norte. En la Figura 3.17 se presentan todas las microcuencas donde se ubica el proyecto, y se obtienen los escurrimientos para las microcuencas denominadas C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5.

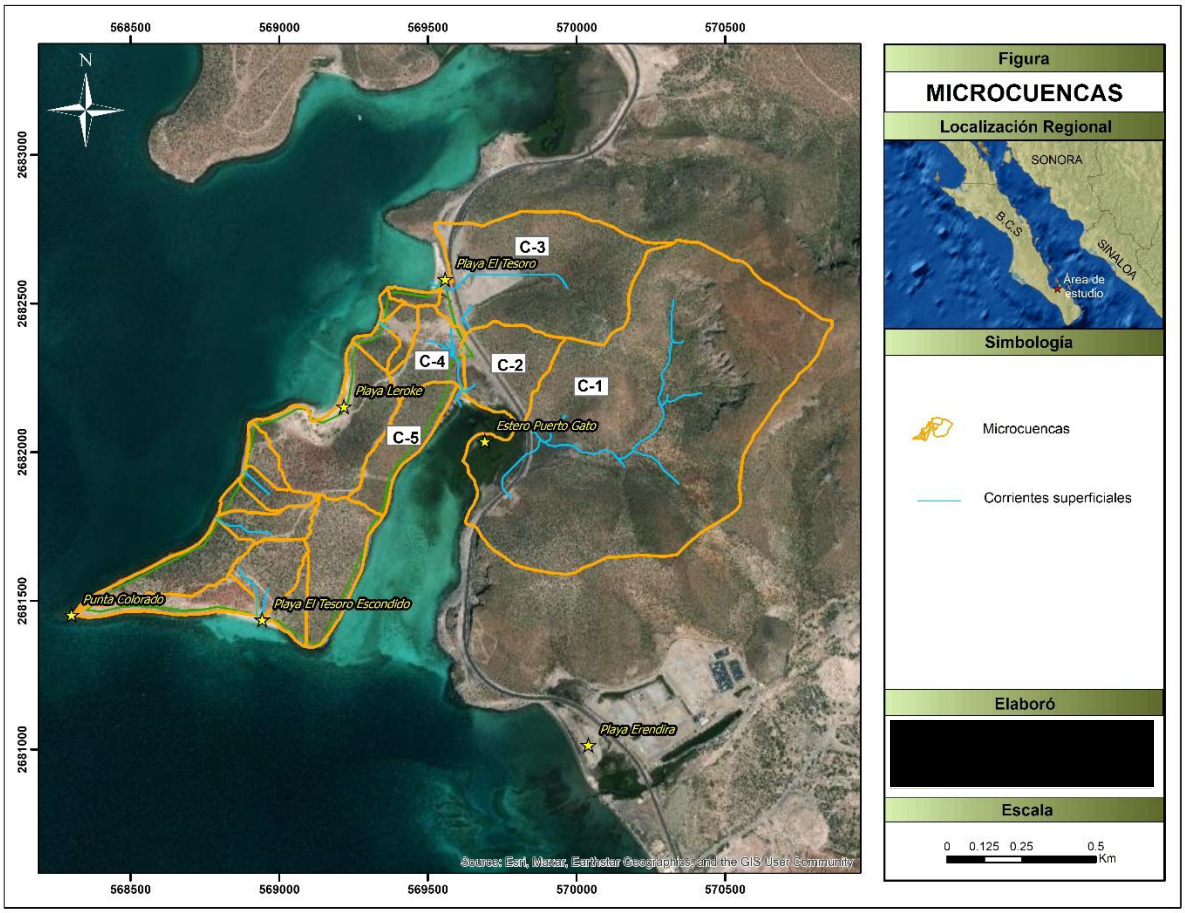


Figura 3.17. Microcuencas para el cálculo de los escurrimientos

Escurrimientos inferidos a partir de lluvias y las características fisiográficas de la cuenca. El volumen medio anual de escurrimiento natural, se determina aplicando alguno de los métodos directos o indirectos en función de la información hidrométrica o climatológica disponible. Se considera que los métodos indirectos arrojan buenos resultados y para la cuenca en estudio, se obtendrá el escurrimiento generado a partir de los datos de lluvia de la estación climatológica La Paz (DGE), la cual es la más próxima a la zona de proyecto.

3.5.2. Método del Coeficiente de Escurrimiento

Se llevó a cabo un análisis considerando el Método del Coeficiente de Escurrimiento. En el caso de que en la cuenca en estudio no se cuente con suficiente información de registros hidrométricos o no existan estaciones hidrométricas, para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural se puede aplicar el método indirecto denominado Precipitación-Escurrimiento, que está dado por la siguiente expresión:

Volumen anual de escurrimiento natural = precipitación media anual de la cuenca * área de la cuenca * coeficiente de escurrimiento

$$Cp = Hp * A * Ce$$

Donde:

Escurrimiento por cuenca propia (Cp), hm3

Área de la cuenca en estudio (A), km2

Lluvia media anual en la cuenca (Hp), m

Coeficiente de escurrimiento (Ce), adimensional

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, el rango de validez establece que las fórmulas se considerarán válidas para valores de precipitación anual entre 350 y 2,150 mm.

El coeficiente de escurrimiento, se determina de manera indirecta en función del tipo y uso de suelo de la cuenca en estudio; a partir del criterio del USCS y por medio del valor de K. Con apoyo de cartografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y de visitas de campo, se clasifican los suelos de la cuenca en estudio, de acuerdo con los tres diferentes tipos: A (suelos permeables); B (suelos medianamente permeables); y C (suelos casi impermeables), que se especifican en la Tabla 3.8 y se determina el uso actual del suelo. En el caso de que, en la cuenca en estudio, existan diferentes tipos y usos de suelo, el valor de K se calcula como la resultante de subdividir la cuenca en zonas homogéneas y obtener el promedio de cada una de ellas. Dependiendo del valor obtenido para K, el coeficiente de escurrimiento (Ce), se calcula mediante las fórmulas siguientes:

Si K resulta menor o igual que 0.15 $Ce = K (P-250) / 2000$

Si K es mayor que 0.15 $Ce = K (P-250) / 2000 + (K - 0.15) / 1.5$

K: parámetro que depende del tipo y uso de suelo.

Ce: coeficiente de escurrimiento anual.

P: Precipitación media anual, en mm.

Tabla 3.8. Valores de k, en función del tipo y uso de suelo

Uso de Suelo	Tipo de Suelo		
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.30
Cultivos:			
En hilera:	0.24	0.27	0.30
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.30
Granos pequeños	0.24	0.27	0.30
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75% -poco-	0.14	0.20	0.28
Del 50 al 75% -regular-	0.20	0.24	0.30
Menos del 50% -excesivo-	0.24	0.28	0.30
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28

Uso de Suelo	Tipo de Suelo		
	A	B	C
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.30
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.30	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.30

Tipo de Suelo	Características
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loes poco compactos
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad; loes algo más compactos que los correspondientes a los suelos Tipo A; terrenos migajosos.
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loes muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas

Con los datos anteriores se determinó el valor de K el cual resultó ser de 0.22. Utilizando el método del Coeficiente de Escurrimiento se obtuvo volumen mostrado en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9. Escurrimiento medio anual (m3). Método del Coeficiente de Escurrimiento

AÑO	PRECIP. ANUAL (mm)	MÉTODO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO						
		k= 0.22		Volumen (m^3/año)				
		C	V'	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
1965	129.5	0.0334	4.3	3,415	338	1,060	203	255
1966	205.1	0.0417	8.6	6,753	668	2,097	402	505
1967	94.4	0.0296	2.8	2,201	218	683	131	165
1968	133.3	0.0338	4.5	3,558	352	1,105	212	266
1969	107.7	0.0310	3.3	2,637	261	819	157	197
1970	75.3	0.0274	2.1	1,631	161	506	97	122
1971	139.2	0.0345	4.8	3,787	374	1,176	226	283
1972	365.0	0.0593	21.6	17,080	1,689	5,304	1,017	1,277
1973	121.0	0.0325	3.9	3,101	307	963	185	232
1974	167.0	0.0375	6.3	4,947	489	1,536	295	370
1975	106.1	0.0308	3.3	2,582	255	802	154	193
1976	368.8	0.0597	22.0	17,382	1,718	5,397	1,035	1,300
1977	38.5	0.0234	0.9	711	70	221	42	53
1978	113.0	0.0316	3.6	2,818	279	875	168	211
1979	205.2	0.0417	8.6	6,758	668	2,098	403	505
1980	62.1	0.0260	1.6	1,274	126	396	76	95
1981	219.8	0.0433	9.5	7,517	743	2,334	448	562
1982	357.3	0.0585	20.9	16,483	1,630	5,118	982	1,233
1983	274.5	0.0494	13.5	10,691	1,057	3,320	637	799
1984	481.6	0.0721	34.7	27,413	2,710	8,512	1,633	2,050
1985	56.8	0.0254	1.4	1,139	113	354	68	85
1986	198.5	0.0410	8.1	6,422	635	1,994	383	480
1987	124.1	0.0328	4.1	3,213	318	998	191	240
1988	35.0	0.0230	0.8	636	63	197	38	48
1989	242.2	0.0458	11.1	8,754	865	2,718	521	655
1990	222.0	0.0436	9.7	7,635	755	2,371	455	571
1991	214.8	0.0428	9.2	7,253	717	2,252	432	542
1992	134.4	0.0340	4.6	3,600	356	1,118	214	269
1993	189.6	0.0400	7.6	5,987	592	1,859	357	448

AÑO	PRECIP. ANUAL (mm)	MÉTODO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO						
		k= 0.22		Volumen (m^3/año)				
		C	V'	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
1994	197.7	0.0409	8.1	6,382	631	1,982	380	477
1995	104.2	0.0306	3.2	2,518	249	782	150	188
1996	168.5	0.0377	6.4	5,013	496	1,557	299	375
1997	174.1	0.0383	6.7	5,262	520	1,634	313	393
1998	257.9	0.0475	12.3	9,671	956	3,003	576	723
1999	50.8	0.0248	1.3	992	98	308	59	74
2000	91.0	0.0292	2.7	2,096	207	651	125	157
2001	319.3	0.0543	17.3	13,677	1,352	4,247	815	1,023
2002	123.9	0.0328	4.1	3,206	317	996	191	240
2003	304.1	0.0526	16.0	12,623	1,248	3,920	752	944
2004	157.2	0.0365	5.7	4,521	447	1,404	269	338
2005	153.5	0.0360	5.5	4,364	431	1,355	260	326
2006	179.6	0.0389	7.0	5,516	545	1,713	329	413
2007	125.9	0.0330	4.2	3,278	324	1,018	195	245
2008	130.4	0.0335	4.4	3,447	341	1,070	205	258
2009	191.1	0.0402	7.7	6,057	599	1,881	361	453
2010	27.6	0.0222	0.6	483	48	150	29	36
2011	48.7	0.0245	1.2	941	93	292	56	70
2012	286.3	0.0507	14.5	11,445	1,131	3,554	682	856
2013	170.9	0.0380	6.5	5,120	506	1,590	305	383
2014	301.6	0.0523	15.8	12,453	1,231	3,867	742	931
2015	231.2	0.0446	10.3	8,137	804	2,527	485	608
2016	174.9	0.0384	6.7	5,298	524	1,645	316	396
2017	521.2	0.0765	39.9	31,460	3,110	9,769	1,874	2,352
2018	362.5	0.0590	21.4	16,889	1,670	5,244	1,006	1,263
2019	191.0	0.0402	7.7	6,056	599	1,881	361	453
2020	88.7	0.0289	2.6	2,023	200	628	121	151
2021	207.8	0.0420	8.7	6,891	681	2,140	410	515
2022	135.5	0.0341	4.6	3,641	360	1,131	217	272
2023	523.8	0.0768	40.2	31,731	3,137	9,853	1,890	2,373
2024	17.2	0.0211	0.4	286	28	89	17	21
MEDIO	186.7	0.0397	8.8	6,981	690	2,168	416	522

3.5.3. Método de Langbein

En 1962, Langbein propuso un método que está basado en una relación entre p/Ft y V'/Ft, donde P es la precipitación media anual, V' el escurrimiento específico anual y F't es un factor de temperatura. Cuando P y V' se toman en milímetros y T, la temperatura media del año se expresa en °C, la expresión de Ft es la siguiente:

$$Ft = 10\ (0.027\ T + 1.886)$$

La relación entre P/Ft y V'/Ft está dada en la tabulación siguiente:

P/Ft	V'/Ft	P/Ft	V'/Ft	P/Ft	V'/Ft	P/Ft	V'/Ft
0	0.009	3	0.200	6	1.9	10	5.0
1	0.026	4	0.475	7	2.7	12	7.0
2	0.075	5	1.000	8	3.4	14	9.0

Aunque la relación propuesta por Langbein está basada en datos de Los Estados Unidos de América, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) considera que las relaciones tienen probablemente una aplicación mundial, sobre todo cuando se trabaja con el método a nivel anual; este método se considera más confiable en zonas secas que en regiones cálido húmedas. En la Tabla 3.10 se muestran los resultados obtenidos con el método de Langbein.

Tabla 3.10. Escurrimiento anual (m3) aplicando el método de Langbein

AÑO	PRECIP. ANUAL (mm)	LANGBEIN					Volumen (m3/año)				
		T. MEDIA ANUAL (°C)	Ft	P/Ft	V'/Ft	V'	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
1965	129.5	23.5	331.7	0.390	0.0156	5.187	4093	405	1271	244	306
1966	205.1	23.1	323.4	0.634	0.0198	6.397	5047	499	1567	301	377
1967	94.4	23.4	329.8	0.286	0.0139	4.573	3608	357	1120	215	270
1968	133.3	23.1	323.7	0.412	0.0160	5.180	4087	404	1269	243	306
1969	107.7	23.3	328.3	0.328	0.0146	4.786	3776	373	1173	225	282
1970	75.3	23.5	331.0	0.227	0.0129	4.259	3360	332	1043	200	251
1971	139.2	23.0	322.2	0.432	0.0163	5.267	4156	411	1290	248	311
1972	365.0	24.0	342.1	1.067	0.0293	10.015	7902	781	2454	471	591
1973	121.0	22.8	316.7	0.382	0.0155	4.908	3872	383	1202	231	290
1974	167.0	22.5	310.7	0.538	0.0181	5.636	4447	440	1381	265	333
1975	106.1	21.8	297.3	0.357	0.0151	4.480	3535	349	1098	211	264
1976	368.8	22.3	306.9	1.202	0.0359	11.013	8689	859	2698	518	650
1977	38.5	22.9	319.4	0.121	0.0110	3.529	2784	275	865	166	208
1978	113.0	23.2	325.6	0.347	0.0149	4.852	3829	378	1189	228	286
1979	205.2	22.2	305.3	0.672	0.0204	6.236	4920	486	1528	293	368
1980	62.1	23.3	327.4	0.190	0.0122	4.002	3158	312	981	188	236
1981	219.8	23.3	326.9	0.672	0.0204	6.679	5270	521	1636	314	394
1982	357.3	22.8	317.4	1.126	0.0322	10.208	8054	796	2501	480	602
1983	274.5	22.9	320.0	0.858	0.0236	7.547	5954	589	1849	355	445
1984	481.6	22.8	317.2	1.518	0.0514	16.302	12862	1272	3994	766	962
1985	56.8	22.4	308.8	0.184	0.0121	3.745	2955	292	917	176	221
1986	198.5	23.0	320.5	0.619	0.0195	6.259	4939	488	1534	294	369
1987	124.1	22.6	313.5	0.396	0.0157	4.931	3891	385	1208	232	291
1988	35.0	22.6	314.3	0.111	0.0109	3.424	2701	267	839	161	202
1989	242.2	22.8	316.6	0.765	0.0220	6.967	5497	543	1707	327	411
1990	222.0	22.5	312.0	0.712	0.0211	6.582	5193	513	1613	309	388
1991	214.8	22.6	313.3	0.686	0.0207	6.471	5106	505	1585	304	382
1992	134.4	24.2	346.6	0.388	0.0156	5.404	4264	422	1324	254	319
1993	189.6	24.1	344.3	0.551	0.0184	6.322	4988	493	1549	297	373
1994	197.7	24.6	354.2	0.558	0.0185	6.549	5167	511	1605	308	386
1995	104.2	24.1	344.5	0.302	0.0141	4.872	3844	380	1194	229	287
1996	168.5	24.4	349.9	0.482	0.0172	6.013	4745	469	1473	283	355
1997	174.1	25.2	367.5	0.474	0.0171	6.267	4945	489	1535	295	370
1998	257.9	24.8	358.9	0.719	0.0212	7.614	6007	594	1865	358	449
1999	50.8	24.6	355.0	0.143	0.0114	4.058	3202	317	994	191	239
2000	91.0	24.1	344.8	0.264	0.0135	4.651	3670	363	1140	219	274
2001	319.3	24.1	343.8	0.929	0.0248	8.522	6724	665	2088	401	503
2002	123.9	25.1	365.2	0.339	0.0148	5.394	4256	421	1321	253	318
2003	304.1	25.4	371.9	0.818	0.0229	8.516	6719	664	2087	400	502
2004	157.2	25.1	366.2	0.429	0.0163	5.968	4709	465	1462	280	352
2005	153.5	25.4	373.5	0.411	0.0160	5.970	4710	466	1463	281	352
2006	179.6	26.0	386.1	0.465	0.0169	6.528	5151	509	1599	307	385
2007	125.9	25.2	369.4	0.341	0.0148	5.464	4311	426	1339	257	322
2008	130.4	25.7	380.1	0.343	0.0148	5.638	4448	440	1381	265	333
2009	191.1	26.0	388.1	0.492	0.0174	6.741	5318	526	1651	317	398
2010	27.6	25.2	367.7	0.075	0.0103	3.778	2981	295	926	178	223
2011	48.7	25.5	374.2	0.130	0.0133	4.974	3924	388	1219	234	293
2012	286.3	25.6	376.6	0.760	0.0219	8.257	6515	644	2023	388	487
2013	170.9	25.6	376.8	0.454	0.0167	6.296	4968	491	1543	296	371
2014	301.6	26.8	406.8	0.741	0.0216	8.788	6933	685	2153	413	518
2015	231.2	26.0	387.9	0.596	0.0191	7.421	5856	579	1818	349	438
2016	174.9	26.2	391.1	0.447	0.0166	6.492	5123	506	1591	305	383
2017	521.2	26.1	390.5	1.335	0.0424	16.558	13064	1292	4057	778	977

AÑO	PRECIP. ANUAL (mm)	LANGBEIN									
		T. MEDIA ANUAL (°C)	Ft	P/Ft	V'/Ft	V'	Volumen (m3/año)				
							C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
2018	362.5	26.2	392.9	0.923	0.0247	9.699	7653	757	2376	456	572
2019	191.0	25.5	375.4	0.509	0.0177	6.626	5228	517	1623	311	391
2020	88.7	26.0	386.3	0.230	0.0129	4.984	3932	389	1221	234	294
2021	207.8	25.5	375.0	0.554	0.0184	6.908	5450	539	1692	325	408
2022	135.5	25.2	368.5	0.368	0.0153	5.619	4434	438	1377	264	332
2023	523.8	25.8	382.7	1.369	0.0441	16.864	13306	1315	4132	793	995
2024	17.2	25.7	379.3	0.045	0.0098	3.706	2924	289	908	174	219
MEDIO	186.7	24.2				6.615	5219	516	1621	311	390

3.5.4. Método del transporte de información hidrométrica

El método del transporte de información hidrométrica está basado en la similitud de cuencas. Estos criterios se fundamentan en la similitud climática y fisiográfica entre cuencas para estimar los volúmenes anuales en una cuenca, a partir de la información registrada en otra (cuenca auxiliar). El caso más simple se tiene cuando el lugar donde se requiere la información está próximo a una estación de aforos que se ubica dentro de la misma corriente. En este caso se puede utilizar una relación de áreas para inferir los escurrimientos, mediante la siguiente expresión.

$$\text{Volumen estimado} = \frac{\text{Área de la cuenca sin datos}}{\text{Área de la cuenca de la estación hidrométrica}} * \text{Volumen escurrido en la estación hidrométrica}$$

Cuando las cuencas no son colindantes, pero están próximas y dentro de la misma región fisiográfica, se propone tomar en cuenta la lluvia anual para realizar el transporte de información hidrométrica, esto es.

$$Vx = F1 \frac{Px * F2}{Pd * F3} Vd$$

Donde:

Vx = Volumen anual transportado, en hm3.
F1 = Factor de transporte obtenido de la relación de áreas entre la cuenca sin datos y la cuenca con datos, adimensional.
Px = Precipitación anual en la estación pluviométrica auxiliar de la cuenca sin aforos, en mm.
Pd = Precipitación anual en la estación pluviométrica auxiliar de la cuenca con aforos, en mm.
F2 = Factor de transporte, igual al cociente entre la lluvia media anual en la cuenca sin datos y la lluvia media anual de su estación pluviométrica auxiliar, adimensional.
F3 = Factor de transporte, igual al cociente entre la lluvia media anual en la cuenca con aforos y la lluvia media anual de su estación pluviométrica auxiliar, adimensional.
Vd = Volumen anual en la estación hidrométrica, en hm3.

En general, la ecuación anterior es válida solo si las cuencas presentan una gran similitud en cobertura vegetal, altitud, fisiografía, tipos de suelos, etc.

Se aplicó esta metodología considerando que las microcuencas del proyecto Punta La Paz se localizan en la misma región hidrológica de la cuenca hidrológica El Coyote, y se estimaron los escurrimientos en las microcuencas partir de los escurrimientos por cuenca propia de El Coyote, con una relación de áreas.

De acuerdo con la disponibilidad de aguas superficiales publicada en el Diario Oficial de la Federación en diciembre de 2023, el escurrimiento natural (Cp) en la cuenca El Coyote, es de 3.875 millones de m^3 anuales, con un área de 274.49 km^2. En la Tabla 3.11 se muestra el volumen de escurrimiento medio anual publicado en el DOF.

Tabla 3.11. Escurrimiento natural en la cuenca El Coyote, B.C.S.

Sistema	Cuenca	Nombre y descripción	Cp (hm^3/año)
El Coyote	608	El Coyote: comprende desde el nacimiento del Arroyo Casas Viejas hasta su desembocadura en el Mar de Cortés	3.875

Aplicando el método del transporte de información hidrométrica mediante una relación de áreas, se tiene un volumen medio anual en las microcuencas como se indica en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12. Escurrimiento medio anual en las microcuencas a partir del escurrimiento en la cuenca El Coyote

El Coyote (área)	1424.725	km^2
El Coyote (escurrimiento)	21.501	hm^3
	21,501,000	m^3
Cuenca C-1	0.789	km^2
Coef. Cuenca C-1	0.00055	
Escurrimiento Cuenca C-1	0.012	hm^3
	11,907	m^3
Cuenca C-2	0.078	km^2
Coef. Cuenca C-2	0.00005	
Escurrimiento Cuenca C-2	0.001	hm^3
	1,177	m^3
Cuenca C-3	0.245	km^2
Coef. Cuenca C-3	0.00017	
Escurrimiento Cuenca C-3	0.004	hm^3
	3,697	m^3
Cuenca C-4	0.047	km^2
Coef. Cuenca C-4	0.00003	
Escurrimiento Cuenca C-4	0.001	hm^3
	709	m^3
Cuenca C-5	0.059	km^2
Coef. Cuenca C-5	0.00004	
Escurrimiento Cuenca C-5	0.001	hm^3
	890	m^3

3.5.5. Escurrimiento medio anual seleccionado

Los resultados obtenidos con las tres metodologías aplicadas se muestran en la Tabla 3.13; el método del transporte de información hidrométrica solo se recomienda cuando existe una diferencia menor al 40% entre el área de las cuencas, mientras que el método del coeficiente de escurrimiento de acuerdo con la NOM-0011-2015, se considera válido solo

para precipitaciones medias anuales entre 350 y 2150 mm, por lo que sus resultados serán considerados como indicadores del potencial de escurrimiento. **El método de Langbein, aunque obtiene los valores menores, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) considera que las relaciones tienen probablemente una aplicación mundial, sobre todo cuando se trabaja con el método a nivel anual; este método se considera más confiable en zonas secas que en regiones cálido húmedas, por lo que se recomienda utilizar sus valores en los análisis de las microcuencas del proyecto Punta La Paz.** En la Figura 3.18 se presentan los escurrimientos en las microcuencas analizadas.

Tabla 3.13. Resumen de escurrimientos medios anuales en la cuenca (m3).

Cuenca	Método (m^3/anuales)		
	Coef. de escurrimiento	Langbein	Transp. de inf. hidrométrica
C-1	6,981	**5,219**	11,907
C-2	690	**516**	1,177
C-3	2,168	**1,621**	3,697
C-4	416	**311**	709
C-5	522	**390**	890

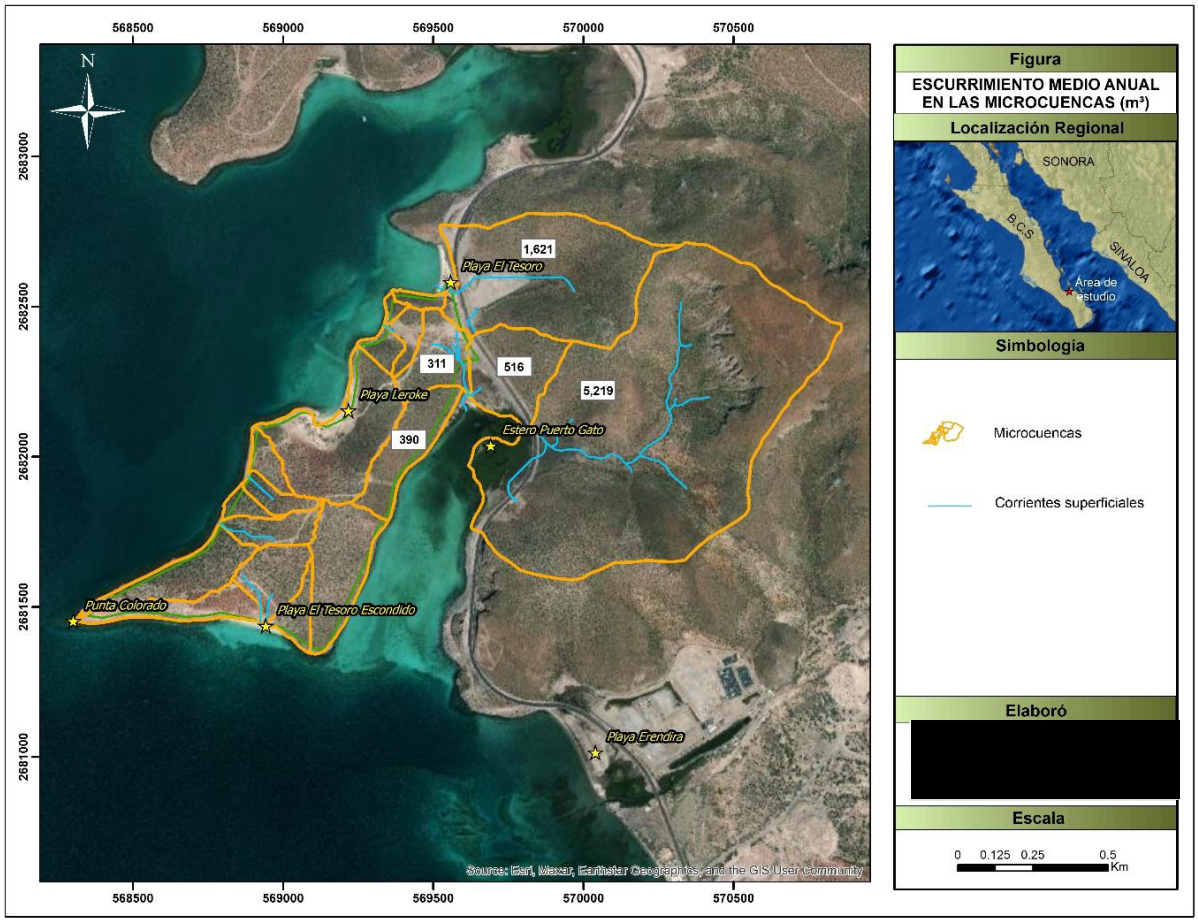


Figura 3.18. Escurrimiento medio anual en las microcuencas (m3)

3.6. Balance hidrometeorológico

A partir de los cálculos de escurrimientos de aguas superficiales y todos los parámetros climatológicos que intervienen, se realizó el balance hidrometeorológico en la superficie de las microcuencas C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5 del proyecto Punta La Paz. Este balance se emplea para estimar las componentes de pérdidas y ganancias del ciclo hidrológico, aplicando la ecuación general de balance de masas.

Precipitación= Escurrimiento superficial + Infiltración + Evapotranspiración

3.6.1. Precipitación

La precipitación media anual se obtuvo a partir los datos de la estación La Paz, B.C.S.; considerando el área de aportación de las microcuencas a los manglares y la precipitación media anual, el volumen total llovido se presenta en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14. Precipitación media anual

Cuenca	Área (km^2)	Precipitación (mm)	Precipitación (m^3/año)
C-1	0.789	186.7	147,306
C-2	0.078	186.7	14,563
C-3	0.245	186.7	45,742
C-4	0.047	186.7	8,775
C-5	0.059	186.7	11,015

3.6.2. Escurrimiento medio anual

Se estimó el escurrimiento medio anual con métodos indirectos, obteniéndose el escurrimiento medio anual mostrado en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15. Escurrimiento medio anual

Cuenca	Área (km^2)	Precipitación (mm)	Escurrimiento (m^3/año)
C-1	0.789	186.7	5,219
C-2	0.078	186.7	516
C-3	0.245	186.7	1,621
C-4	0.047	186.7	311
C-5	0.059	186.7	390

3.6.3. Evapotranspiración Real

La evaporación es el proceso mediante el cual el agua cambia del estado líquido al gaseoso debida a la radiación solar. Se denomina evapotranspiración a la evaporación procedente de la superficie del agua, el suelo, la nieve, el hielo, la vegetación y de otras superficies, más la transpiración (OMM, Guía de Prácticas Hidrológicas, 1994); se estima que en este proceso del ciclo hidrológico entre el 75 y 90 % de la precipitación total anual que ocurre sobre los continentes retorna a la atmósfera en forma de vapor.

La evapotranspiración está compuesta por la evaporación en superficie junto con la transpiración de las plantas. La evaporación del agua por las plantas se debe a la necesidad de agua que estas tienen para incorporarla a su estructura celular, además de utilizarla como elemento de transporte de alimentos y de eliminación de residuos.

Para estimar la evapotranspiración real (ETR) en el área de estudio, se utilizaron las ecuaciones empíricas de Turc y Coutagne.

Fórmula de Turc

Turc a partir de observaciones realizadas en 254 cuencas distribuidas por todos los climas del mundo, reporta la expresión siguiente:

$$ETR = \frac{P}{\left[0.9 + \left(\frac{P^2}{L^2}\right)\right]^{\frac{1}{2}}}$$

Donde:

ETR: Evapotranspiración real, en mm
P: Precipitación media anual, en mm
L: 300 + 25T + 0.05T3
T: Temperatura media anual, en °C

La limitación teórica de esta fórmula es que para P<0.31, L daría una ETR mayor que la precipitación, por lo tanto, en estos casos habrá que considerar a ETR=P.

Fórmula de Coutagne

Coutagne propuso la ecuación siguiente para calcular la evapotranspiración real:

$$ETR = P – \lambda P2, \text{ con } \lambda = 1.00/(0.80+ 0.14\ T)$$

La fórmula solo es aplicable para valores de la precipitación media anual (P) comprendidos entre 1/8λ y 1/2λ, estando ETR y P en metros, y T en °C. Si P es menor que 1/8λ la ETR es igual a la precipitación, es decir, no existe escurrimiento; si la precipitación es mayor que 1/2λ la ETR es prácticamente independiente de P y su valor está dado por la ecuación siguiente:

$$ETR = 0.20 + 0.035\ T$$

En la Tabla 3.16 se presentan los resultados de la evapotranspiración real media anual obtenida con los métodos de Turc y Coutagne para el proyecto Punta La Paz, a partir de los datos de precipitación y temperatura media anual de la estación ubicada en La Paz, cercana al polígono del Proyecto.

Tabla 3.16. Evapotranspiración Real (ETR), métodos de Turc y Coutagne

Temperatura (°C)	L	X (Coutagne)	Precipitación (mm)	Evapotranspiración	
				Turc (mm)	Coutagne (mm)
24.2	1613.6	0.23877746	186.7	195.4	178.4

Evapotranspiración Real adoptada

Teniendo en cuenta las limitaciones de cada uno de los métodos empíricos, se consideran apropiados los resultados arrojados por el método de Coutagne. La evapotranspiración real es de 178.4 mm, el 95.5 % de la precipitación. El volumen de evapotranspiración para las microcuencas se presenta en la Tabla 3.17.

Tabla 3.17. Evapotranspiración Real (ETR)

Cuenca	Área (km^2)	Evapotranspiración (mm)	Evapotranspiración (m^3/año)
C-1	0.789	178.4	140,739
C-2	0.078	178.4	13,913
C-3	0.245	178.4	43,702
C-4	0.047	178.4	8,384
C-5	0.059	178.4	10,524

3.6.4. Infiltración potencial

Una vez obtenidos los valores de los diferentes parámetros que intervienen en la ecuación de balance, se estimó el valor de la infiltración potencial en la superficie de las microcuencas analizadas en el proyecto Punta La Paz.

El coeficiente de infiltración potencial por lluvia se obtuvo través de un balance de agua superficial, para el cual se aplicó la siguiente expresión:

Infiltración = precipitación – evapotranspiración – escurrimiento

En la Tabla 3.18 se presenta un resumen de los valores que intervienen en el balance hidrometeorológico. En la Figura 3.19 se presenta una imagen con la localización de las microcuencas analizadas y los valores obtenidos en el balance.

Tabla 3.18. Balance hidrometeorológico en la zona de estudio

CUENCA	Balance hidrometeorológico			
	Escurrimiento (m^3/año)	Precipitación (m^3/año)	Evapotranspiración (m^3/año)	Infiltración (m^3/año)
C-1	5,219	147,306	140,739	1,348
C-2	516	14,563	13,913	133
C-3	1,621	45,742	43,702	418
C-4	311	8,775	8,384	80
C-5	390	11,015	10,524	101

Aplicando el balance hidrometeorológico, el potencial de infiltración al subsuelo es del orden del 1 % de la lluvia en la zona del proyecto Punta La Paz, B.C.S.

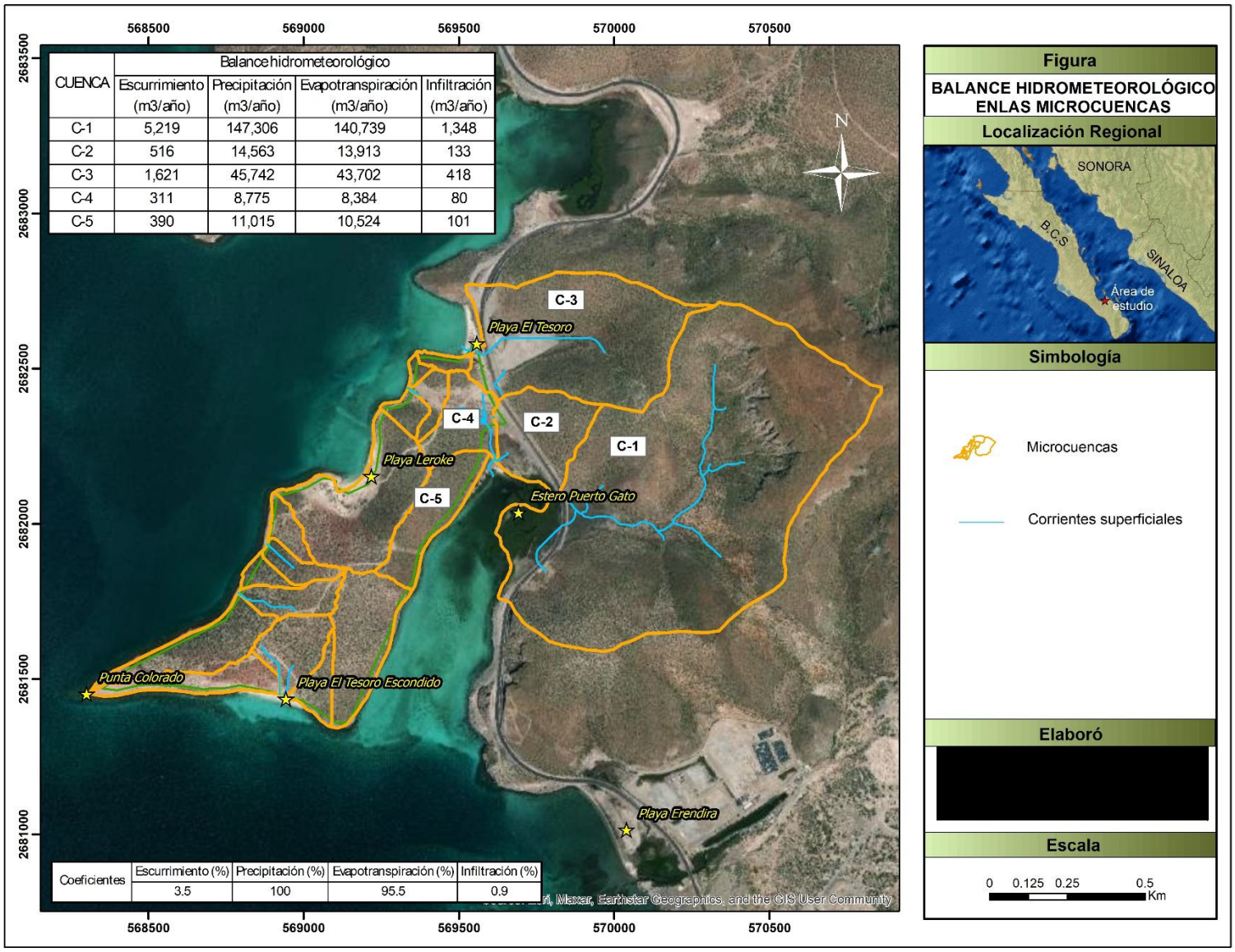


Figura 3.19. Balance hidrometeorológico en las microcuencas.

4. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA

4.1. Situación administrativa del acuífero

El acuífero pertenece al Organismo de Cuenca Península de Baja California, al Consejo de Cuenca Baja California Sur, instalado el 03 de marzo de 2000 y es jurisdicción de la Dirección Local en Baja California Sur. Su territorio se encuentra completamente vedado y sujeto a las disposiciones de dos decretos de veda. El primero rige en la mayor parte de su superficie y es el “Acuerdo que establece el Distrito Nacional de Riego de Baja California Sur, declarando de utilidad pública la construcción de las obras que lo forman”, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 2 de julio de 1954. La porción norte está sujeta a las disposiciones del “Acuerdo que establece el Distrito Nacional de Riego de Baja California Sur, declarando de utilidad pública la construcción de las obras que lo forman”, publicado en el DOF el 2 de julio de 1954. Ambas vedas son de tipo III, en las que la capacidad de los mantos acuíferos permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros (CONAGUA, 2024).

El proyecto punta La Paz, se localiza en la parte norte del acuífero La Paz (Figura 4.1).

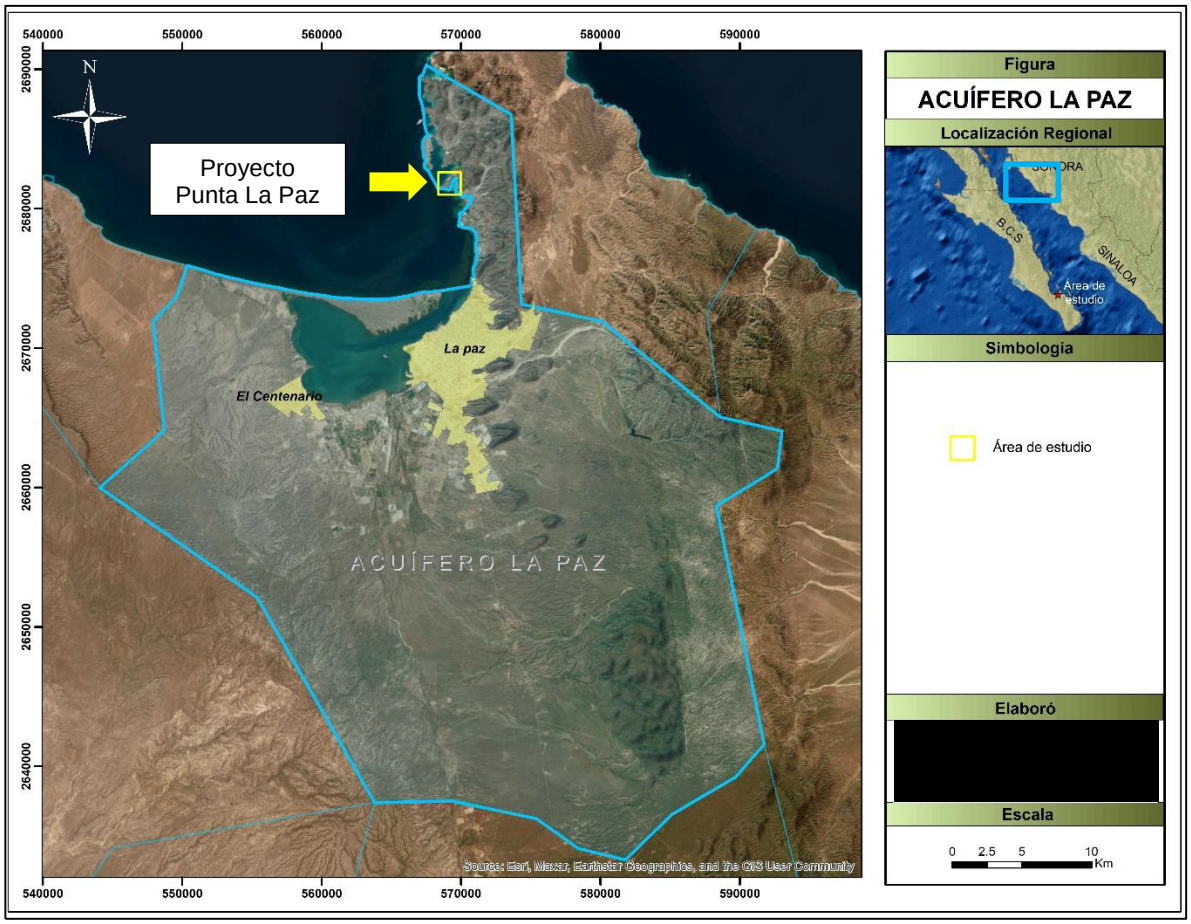


Figura 4.1. Localización del proyecto Punta La Paz en el acuífero La Paz.

Por otro lado, la actualización de la disponibilidad media anual de agua estimada dentro del polígono analizado del acuífero administrativo Peñón Blanco y publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 09 de noviembre del 2023, señala que tiene una recarga media anual de 21.0 millones de metros cúbicos, con un volumen concesionado de agua subterránea de 34.488 millones de metros cúbicos.

De acuerdo con lo anterior, el resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones, por el contrario, el déficit es de 13.488 millones de m3 anuales (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Volumen de agua subterránea disponible en el acuífero La Paz (DOF, 09/11/23).

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNC	VEAS				DMA	
				VCAS	VEALA	VAPTYR	VAPRH	POSITIVA	NEGATIVA (DÉFICIT)
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CUBICOS ANUALES							
0324	LA PAZ	21.0	0.0	29.584608	0.000000	4.549032	0.354763	0.000000	-13.488404

R: recarga total media anual; **DNC**: descarga natural comprometida; **VEAS**: volumen de extracción de aguas subterráneas; **VCAS**: volumen concesionado/asignado de aguas subterráneas; **VEALA**: volumen de extracción de agua en las zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente; **VAPTYR**: volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA; **VAPRH**: volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica; **DMA**: disponibilidad media anual de agua del subsuelo. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales “3” (fracciones 3.10, 3.12, 3.18 y 3.25), y “4” (fracción 4.3), de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.

De acuerdo con la zona hidrogeológica La Paz, realizado por INEGI, en 2019, el proyecto Punta La Paz se localiza en la parte norte de la zona hidrogeológica donde no se localizan pozos, por lo cual la unidad hidrogeológica donde se ubica corresponde **a una recarga potencial baja** (Figura 4.2 y 4.3).

De acuerdo con el estudio de *“Actualización de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero La Paz, estado de Baja California Sur realizado por CONAGUA”,* el acuífero de la Paz, es de tipo libre y está constituido, en su porción superior, por sedimentos aluviales y fluviales depositados tanto en los subálveos de los arroyos como en la planicie costera; la porción inferior se aloja en rocas volcánicas y vulcanoclásticas fracturadas. Con esta información ha sido posible definir un basamento irregular, sobre el que se han depositado 3 unidades hidrogeológicas: sedimentos gruesos y areno-arcillosos, rocas volcánicas y piroclásticos y rocas pertenecientes al complejo ígneo-metamórfico. **De éstas, únicamente tienen importancia hidrogeológica y constituyen acuíferos los depósitos de la primera unidad** y, en menor escala, los materiales volcánicos (aglomerados y tobas), si bien dado el potencial de infiltración, que depende del volumen de lluvia, **se puede hablar de un sistema acuífero pobre en volumen de almacenamiento de agua.**

El acuífero de La Paz presenta un espesor máximo de 400 m, con características de buena porosidad y permeabilidad que no es garantía de encontrarlo saturado, esta porosidad puede ser doble, porque se lo confieren los depósitos de origen aluvial, arenas finas a gruesas con arcillas, gravas, guijarros y cantos rodados, así como materiales terrígenos de origen volcánico como brechas y conglomerados. En el proyecto Punta La Paz ubicado a más de 10 km de la zona de pozos de la ciudad, se presentan rocas volcánicas y depósitos vulcanosedimentarios, que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento.

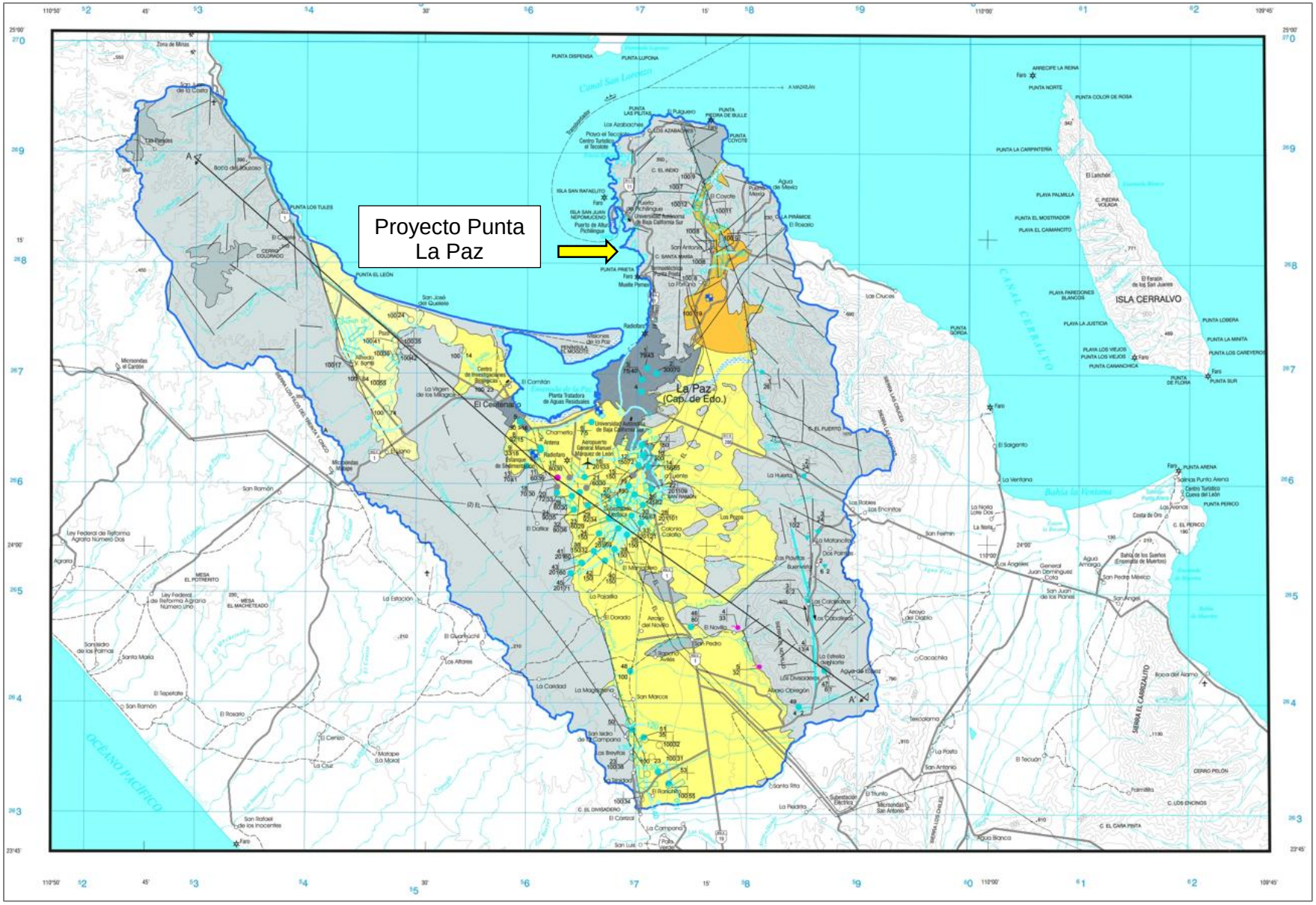


Figura 4.2. Zona hidrogeológica La Paz (INEGI, 2019)

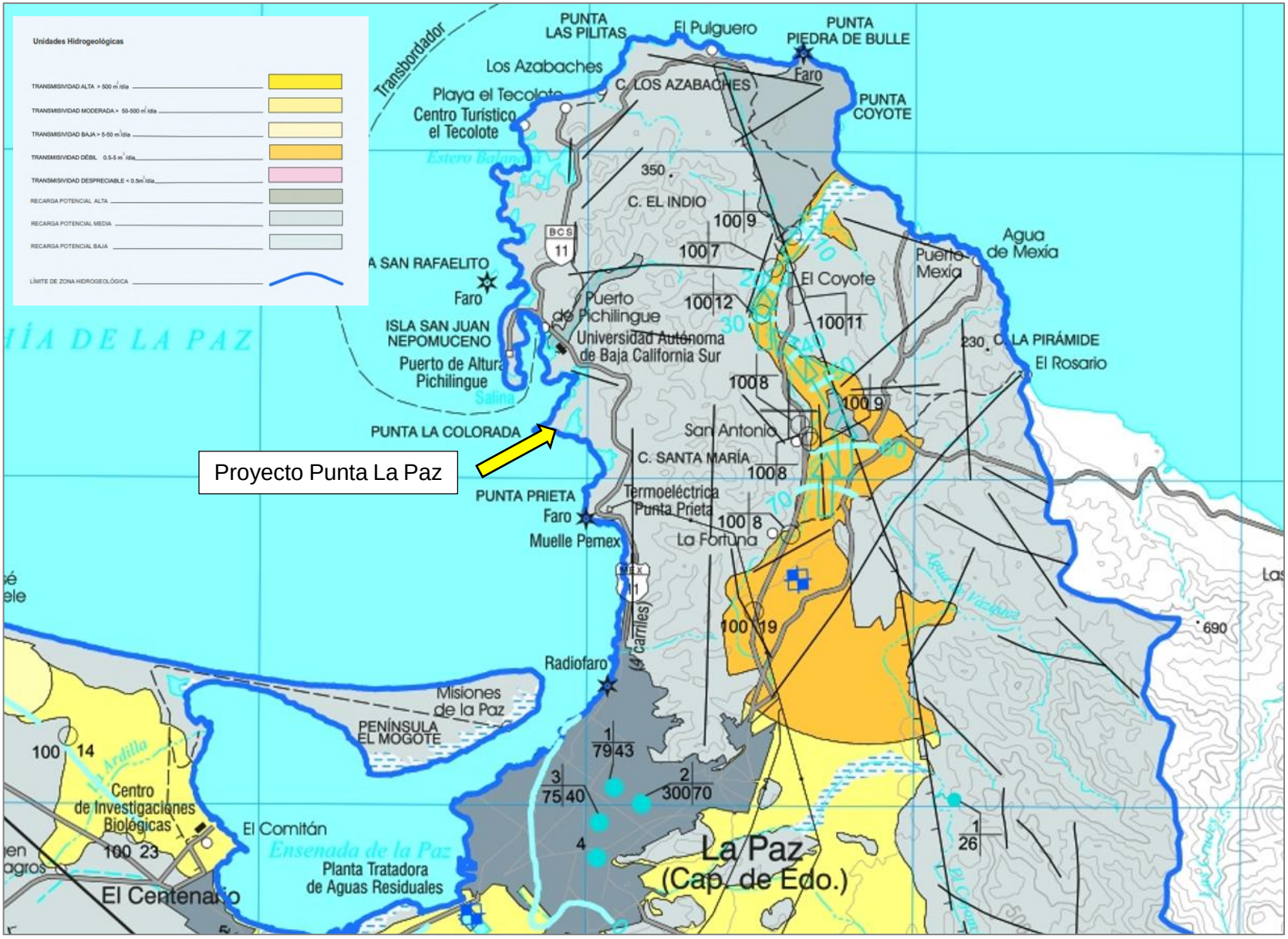


Figura 4.3. Detalle de la zona hidrogeológica La Paz y su relación con el Proyecto Punta La Paz (INEGI, 2019)

4.2. Piezometría regional

4.2.1. Profundidad del nivel estático

La configuración de profundidad al nivel estático para el año 2019 muestra que los valores varían, de manera general, de 2 a 120 m, los cuales se incrementan desde la zona costera hacia las estribaciones de las sierras limítrofes y hacia las zonas en las que se ubican los pozos que extraen agua para abastecimiento público-urbano de la ciudad de La Paz (CONAGUA, 2024). Las profundidades más someras, de 2 a 10 m, se presentan en toda la zona costera, desde El Centenario y Chametla, hasta la zona urbana baja de la ciudad, en tanto que los más profundos, de 100 a 120 m, se registran en las zonas de mayor concentración de la extracción, ubicadas al sureste del acuífero, entre los poblados La Fuente, Cajeme y Calafia (figura 4.4).

Como se puede ver en la figura 4.4, las concentraciones de los pozos se ubican en el Valle de La Paz, **en el proyecto Punta La Paz, no existe pozos de abastecimiento**, por lo cual no hay información de profundidad del nivel de agua.

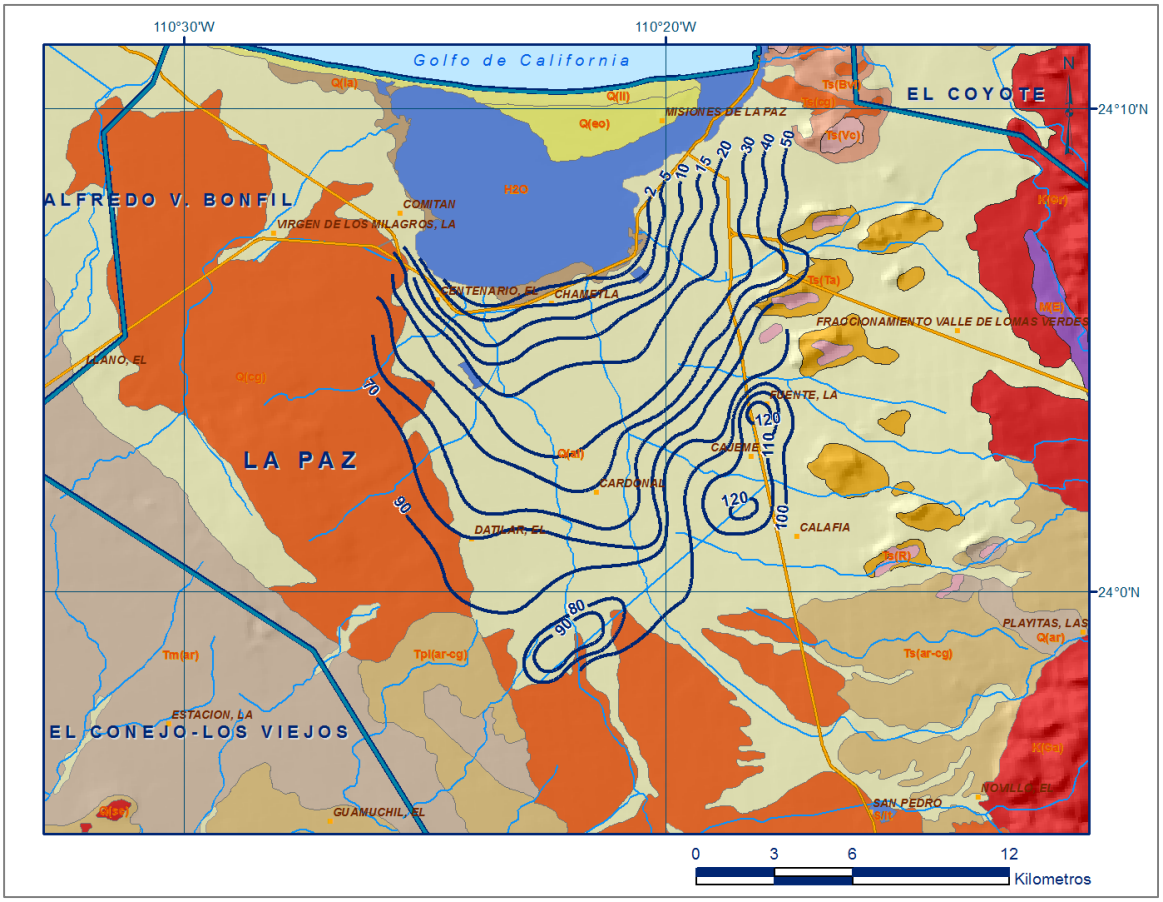


Figura 4.4. Profundidad (m) al nivel estático, del 2019 (CONAGUA, 2024).

4.2.2. Elevación del nivel estático

La elevación del nivel estático en 2019 registró valores que variaron de 2 a -35 msnm. En la mayor parte de la superficie de explotación se presentan elevaciones por debajo del nivel medio del mar debido al avance de la intrusión marina, excepto el extremo nororiental, en la zona del arroyo El Cajoncito, en donde se registran valores de 1 a 2 msnm (CONAGUA, 2024). En las porciones sur, suroriental y oriental del acuífero, en el área comprendida entre Cardonal y La Fuente, se presentan conos definidos por las curvas de 20 a 40 msnm causados por la extracción intensiva y la intrusión marina (figura 4.5).

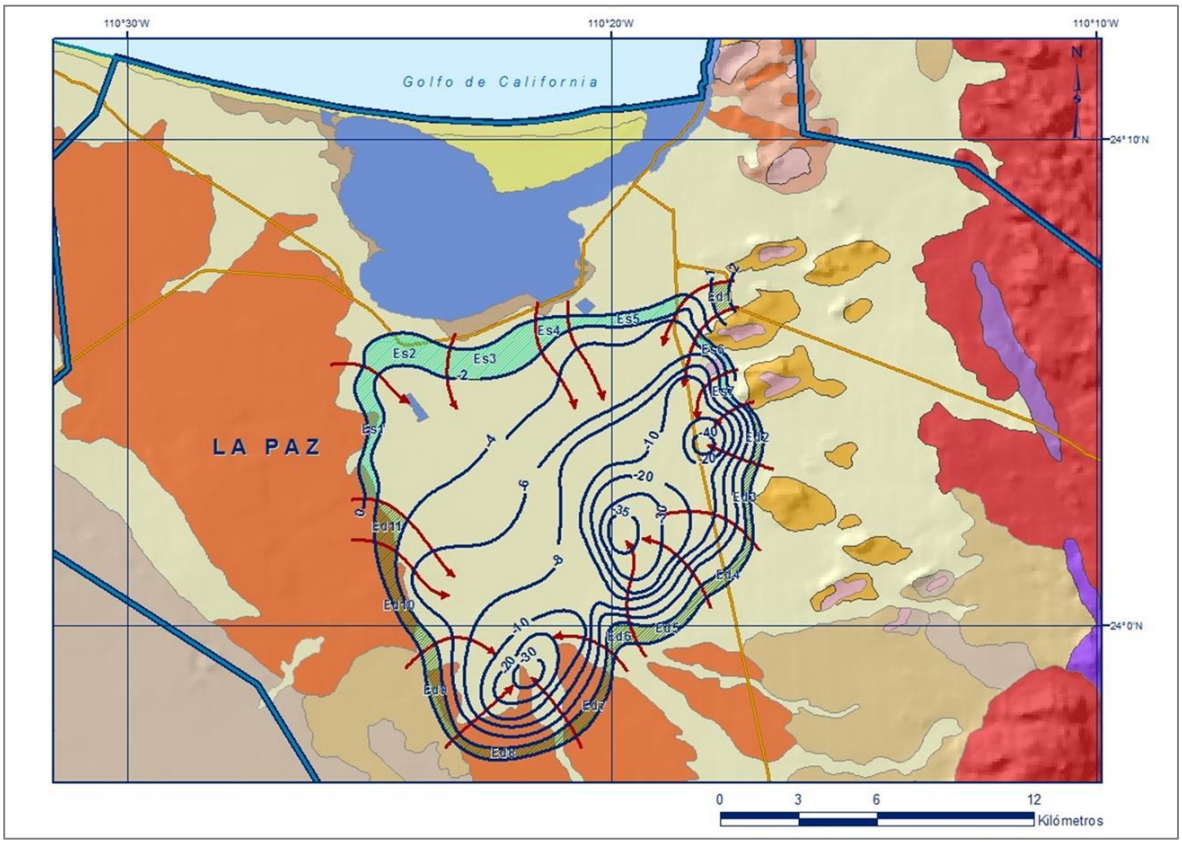


Figura 4.5. Elevación del nivel estático (msnm), del 2019 (CONAGUA, 2024).

4.3. Hidrología subterránea (censo de aprovechamientos)

Con el fin de conocer las condiciones y el comportamiento de las variaciones de los niveles del agua en distintos tipos de aprovechamientos, se llevó a cabo un censo de aprovechamientos en el área del proyecto. En los recorridos realizados se observó no hay pozos de abastecimiento, solo se identificaron algunas norias excavadas en los arroyos a profundidades de 10 a 15 m, para aprovechar la zona aluvial, ya que en el área predomina las rocas volcanoclásticas. **En la parte sureste a 2 km aproximadamente, se localizaron 3 norias la profundidad del nivel estático varia de 6 a 11 m.**

Dentro del predio del proyecto se localizó un pozo, sin embargo, se encuentra colapsado a los 3.15 m, por lo cual no se puedo determinar la profundidad del nivel estático.

En la Tabla 4.2 se muestran los sitios verificados los cuales corresponde a norias, así mismo se presentan las profundidades medidas del nivel de agua, las elevaciones (msnm) obtenidas una vez corregidas tomando en cuenta la elevación del nivel del terreno (elevación del nivel estático, en metros sobre el nivel del mar). En la Figura 4.7 se muestra el plano de localización de los sitios.

Tabla 4.2. Censo de pozos en el área del proyecto Punta La Paz.

Lugar	Clave	Tipo de aprovechamiento	Coordenadas WGS84			Brocal (m)	Prof. NE (m)	Prof. NE (m) corregido	Elevación del NE (msnm)
			Este	Norte	Elevación (msnm)				
PUNTA LA PAZ	PLP-01	Pozo	569168	2682092	9.0	0.85	3.15 ARENA HUMEDA		
RANCHO EL PALOMO	PZ-1	Noria	571067	2680841	21.0	0.56	11.65	11.09	9.91
RANCHO SAN MIGUEL	PZ-2	Noria	570981	2681352	9.0	0.31	3.73	3.42	5.58
RANCHO SAN MIGUEL	PZ-3	Noria	571050	2681344	12.0	0.25	6.33	6.08	5.92



Figura 4.6. Pozo PLP-01 y noria PZ-2.

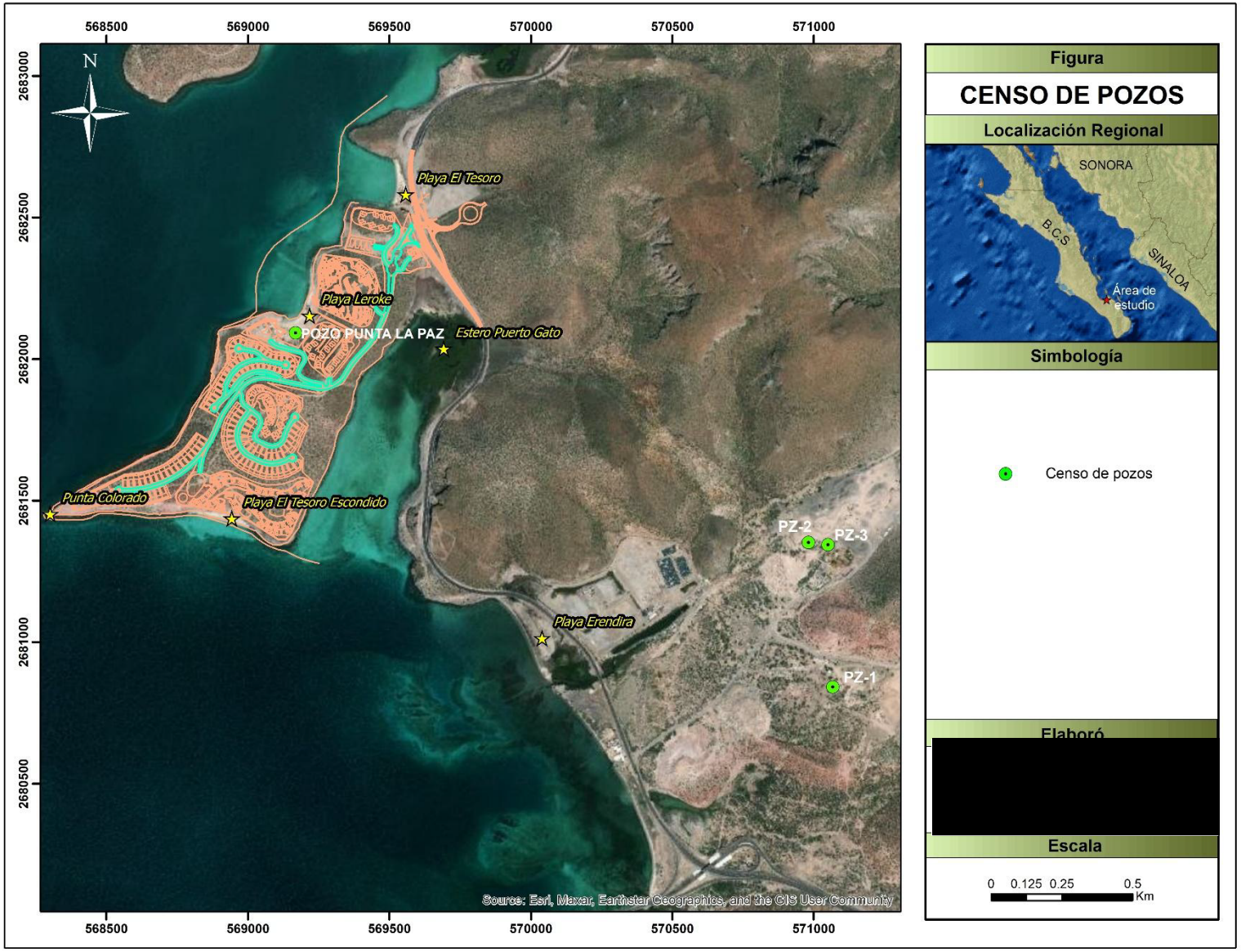


Figura 4.7. Plano de localización de pozos censados.

Por otro lado, la elevación del nivel estático oscilo entre 5.58 y 9.91 msnm, aun cuando son pocos datos, se realizó una configuración de isolíneas para determinar la dirección preferencial del flujo subterráneo. La dirección del flujo subterráneo es al noroeste el cual converge con otro flujo con dirección suroeste, es decir del continente hacia el mar (Figura 4.8).

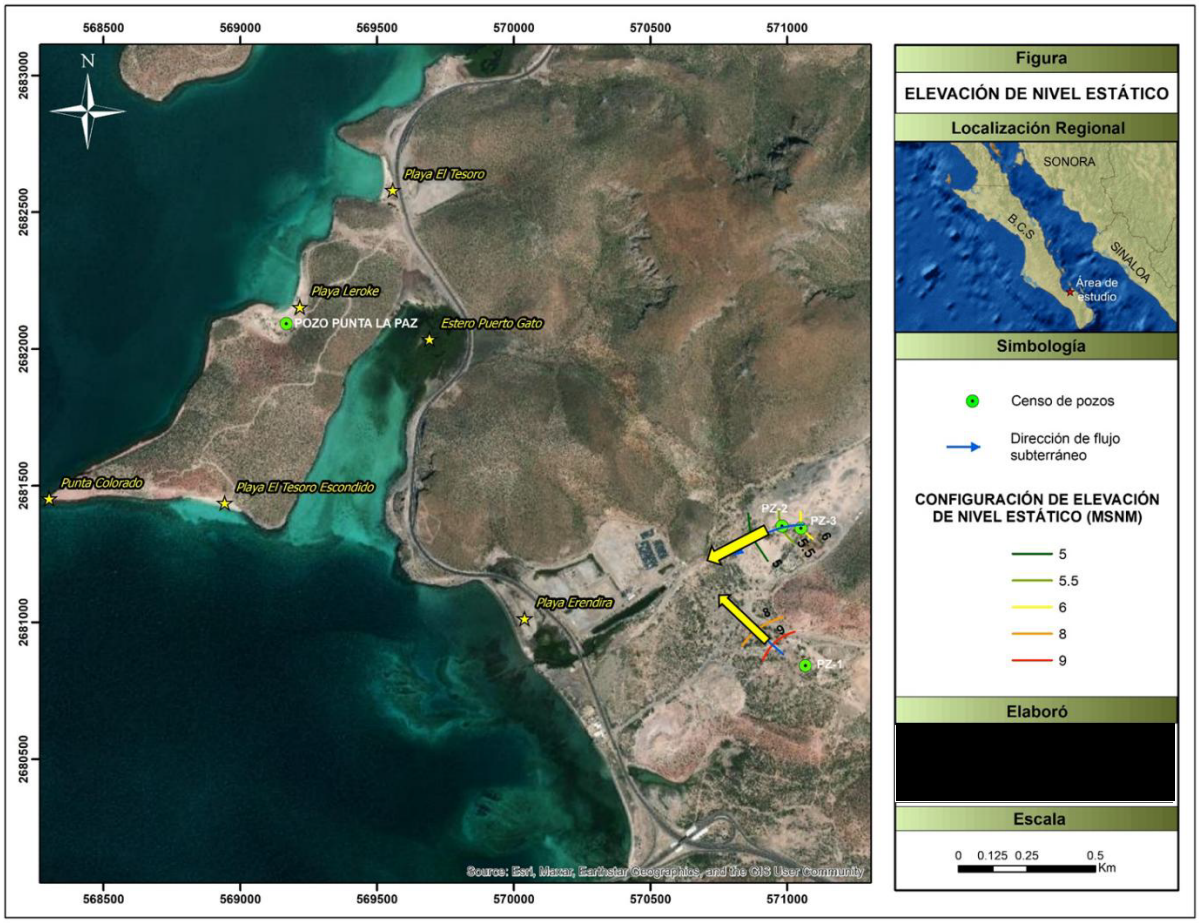


Figura 4.8. Dirección de flujo subterráneo**.**

4.4. Manglar “Estero Punta El Gato”

Se entiende por ecosistema al conjunto de factores bióticos y abióticos que interactúan mediante adaptaciones locales mutuas desarrolladas a través del tiempo, son considerados entidades naturales que, en función de su propia estructura, composición y funcionamiento, tienen algún grado inherente de resistencia a ciertos cambios originados por perturbaciones. Se ha demostrado que alteraciones relativamente modestas pueden ser absorbidas o “restauradas” de manera autónoma y eficaz por un ecosistema dado, el cual se reorienta hacia una trayectoria similar a la inmediata anterior al disturbio (esta propiedad elástica se conoce como resiliencia).

Cabe destacar que los manglares son importantes porque prestan servicios ambientales diversos en condiciones naturales, toda vez que filtran el agua y permiten el abastecimiento de acuíferos freáticos. Son además ecosistemas que capturan gases del efecto de invernadero y actúan como sumideros de bióxido de carbono. Contribuyen también al mantenimiento de la línea de costa y se debe reconocer que los manglares son ecosistemas que aportan servicios importantes a la diversidad biológica del planeta (Novitzki, 1994; Mitsch y Gosselink, 2000).

4.4.1. Antecedentes

El manglar “Estero El Gato”, se ubica en latitud N 24° 15´ 03” y W 110° 18´ 47”, de vegetación de mangles en forma arbustiva, su vegetación está compuesta de tres especies Rhizophora mangle (mangle rojo), Avicenia germinans (mangle negro) y Laguncularia racemosa (mangle blanco), (CIBNOR, 2016).

Ávila-Flores en 2016 categoriza el estado de conservación de los manglares donde Estero El Gato tiene lugar en el listado y en 2021 menciona a Estero El Gato y su área original de vegetación en 1974 y la del 2018.

Por otra parte, López-López en 2013, hizo una clasificación de extensión de los manglares de La Paz, que va de remanente, pequeño, regular y muy grande, para Estero El Gato por su cobertura lo denominó regular por su extensión. Menciona que el lugar es muy visitado para fines de recreación y económicamente contribuye a pescadores con la extracción de jaiba y almeja. Para su geomorfología dice que la bahía está rodeada de lomeríos con altitudes de 20-60 m, su zona supramareal mide 180 m de largo y 130 m de ancho, el arroyo del que le manglar recibe agua en la temporada de lluvia viene a la dirección de Noreste-Sureste, los organismos de manglares forman a la orilla de la playa formas de herradura que ayudan a amortiguar las olas, corrientes y erosión de la línea costera.

Asimismo, López-López, (2013) indica el impacto por la construcción de la carretera que modificó los escurrimientos superficiales, también la entrada de las personas, contaminación urbana, los visitantes extrayendo moluscos y peces. Por último, un problema que menciona es que la visita de la gente no se estaba regulando y señala también la presencia de letreros informativos y botes de basura.

Cobertura de manglar: De acuerdo con Ávila-Flores (2021) la cobertura de manglar Estero Punta El Gato en 1973 era de 47,916.84 m^2 y en 2014 fue de 45,429.86 m^2**. Esto da una pérdida de vegetación de mangles de 2,017.99 m^2 en el periodo de años mencionados y parece continuar con esa tendencia**.

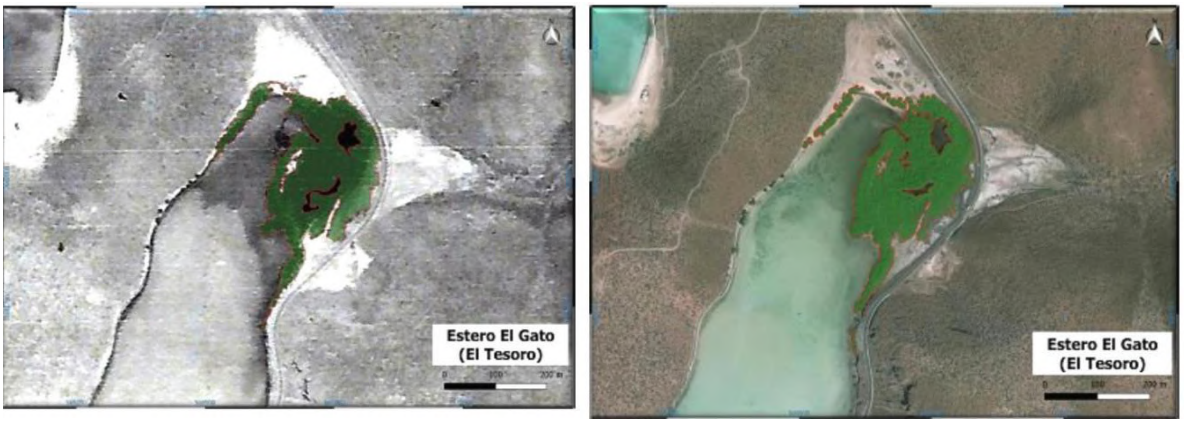


Figura 4.9. Cobertura de manglar de 1973 a 2014. Fuente: Ávila-Flores, 2016.

En noviembre del 2023 en la tesis "*Diagnóstico Ambiental previo al proceso de Restauración del Manglar "Estero El Gato", Sitio Ramsar No. 1816 "Humedal Mogote-Ensenada La Paz", Golfo De California, México, de Esther Monroy Robledo*, obtuvo una cobertura con método supervisado es de 37,498.135 m^2. **Tomando el área del método supervisado del 2023 y la del año 1973 en 50 años la perdida de vegetación ha sido de 10,463.705 m^2.**

Estado de conservación: Ávila-Flores y colaboradores en 2020 categorizaron el estado de conservación de los manglares de la Bahía de La Paz, siendo analizado Estero El Gato y determinaron su estado de conservación como "Casi Amenazado".

Mangrove Community	RVI Score	DM Score	RA Score	MCSI	IUCN Red List of Ecosystems
Balandra	57	23.2	7.0784	87.2784	Least Concern (LC)
Centenario-Chametla	57	11.6	4.8412	73.4412	Near Threatened (NT)
Comitán	57	17.4	10.2732	84.6732	Least Concern (LC)
Espíritu Santo Archipelago	-	29	10.2732	-	Data Deficient (DD)
El Conchalito	54.6231	17.4	6.048	78.0711	Near Threatened (NT)
El Merito	57	29	9.5424	95.5424	Least Concern (LC)
El Mogote	57	23.2	7.7196	87.9196	Least Concern (LC)
Enfermería	41.8836	11.6	5.7456	59.2292	Vulnerable (VU)
Eréndira	57	11.6	3.836	72.436	Near Threatened (NT)
Estero Bahía Falsa	57	17.4	5.0652	79.4652	Near Threatened (NT)
Estero El Gato	57	17.4	6.1544	80.5544	Near Threatened (NT)
La Paz-Aeropuerto	57	17.4	2.5508	76.9508	Near Threatened (NT)
Palmira	53.8593	11.6	1.5988	67.0581	Near Threatened (NT)
Playa Pichilingue-Brujas	16.9575	11.6	1.456	30.0135	Endangered (EN)
Salinas de Pichilingue	-	-	9.9624	-	Data Deficient (DD)
Pichilingue UABCS	45.5316	17.4	4.8944	67.826	Near Threatened (NT)
Zacatecas	57	23.2	8.3636	88.5636	Least Concern (LC)

Figura 4.10. Valores del estado de conservación de manglares en La Paz.
Fuente: Ávila-Flores et. al. 2020.

En agosto del 2013, María Lourdes González Corona realizo una evaluación y descripción de 14 geositios a lo largo de costa desde La Paz hasta el área de Balandra, el cual incluye al Estero Puerto Gato, donde estableció tres de criterios fundamentales para definir un geositio, tales como: a) el valor intrínseco, b) el uso potencial del geositio y c) la necesidad de protección. Cada criterio contiene diversos aspectos que deben ser valorados en una escala que varía entre 5 y 1.

Con base en los resultados y considerando que el valor máximo de 5 para cada parámetro evaluado, entonces de acuerdo con la fórmula utilizada el máximo valor que puede alcanzar un geositio es de 30 puntos, considerando los tres parámetros evaluados; el valor intrínseco, uso potencial y necesidades de protección. Ninguno de los geositios evaluados alcanzó el valor más alto, el geositio con mayor valor corresponde a Balandra (25.33) y los de menor valor fueron Playa El Coromuel (16) **y Estero Puerto (Punta) Gato (16).**

La ficha de caracterización incluye las afectaciones antropogénicas del sitio, que califica el grado modificaciones y deterioró de impacto de cada lugar visitado, tomando en cuenta la relación existente del geositio con la interacción humana**, El Estero Puerto El Gato tiene una afectación moderada** (Figura 4.11).



Coordenadas: N 24° 15' 0.3" W 110° 18' 54"

GEOSITIO: ESTERO PUERTO GATO (GEO 4)

AFECTACIÓN	
MÍNIMA	
MODERADA	X
ELEVADA	
MUY ELEVADA	

DESCRIPCIÓN

Esta área se encuentra sobre la carretera La Paz-Pichilingue, a aproximadamente 8.4 km en línea recta a partir del parque El Molinito, al norte de La Paz, justamente a un costado de la denominada playa El Tesoro.

El sitio, es una zona costera inundada por corrientes de marea de agua marina, el lugar conforma lo que se conoce como un estero, siendo una entrada de agua amplia que está rodeada de dos lomeríos donde afloran rocas de origen volcánico, denominadas brechas andesíticas. En la base del lomerío ubicado al NE de este cuerpo de agua es posible observar algunas cavernas que se han desarrollado como resultado de la erosión marina. Las cavernas en algunos lugares se han colapsado dando origen a montículos aislados. Alrededor del cuerpo de agua se han desarrollado algunas áreas de playa y una colonia de mangles, los cuales juegan un papel fundamental en la producción de algunas especies marinas a si como de algunas aves propias de la región. Los depósitos de playa de este lugar están constituidos por arenas, son de color claro, debido a su composición mineralógica, constituida principalmente por fragmentos de cuarzo, feldespatos y algunos minerales ferromagnesianos como biotita, también es posible observar restos de conchas calcáreas. También en la playa es posible observar fragmentos de rocas que se encuentran en las inmediaciones del lugar.

El principal uso potencial de este lugar es con fines de recreación, paisajístico por los contrastes de colores y pedagógico por los manglares y la fauna asociada.

Figura 4.11. Ficha de caracterización del geositio Estero Puerto Gato (Fuente: González Corona, 2013).

4.4.2. Características hidroambientales

Como ya se mencionó anteriormente, el ambiente del medio abiótico ya ha sido impactado con anterioridad, tanto por causas naturales, como la escasez de agua (sequías prolongadas), como por causas antropogénicas, por lo cual, para conocer las condiciones hidroambientales actuales del área del Estero Puerto Gato, se realizaron recorridos basándose en transectos y se tomaron parámetros de campo del agua (pH, conductividad eléctrica, STD y temperatura). En la tabla 4.3 se presentan los datos de campo y en la figura 4.13 la ubicación de los sitios.

Tabla 4.3. Parámetros físicos del agua medidos en campo.

FECHA	CLAVE	COORDENADAS wgs84		pH	CE (µS/cm)	STD (ppm)	T°C	TIPO
		X	Y					
09/02/2025	L1	569534	2682066	6.24	55580	27830	22.83	Agua de mar
11/02/2025	L2	569603	2681777	8.14	55760	27860	25.62	Agua de mar
11/02/2025	L3	569612	2681771	8.53	54700	27360	24.95	Agua de mar
11/02/2025	L4	568947	2682134	8.45	54370	27170	22.55	Agua de mar
12/02/2025	L5	569680	2681897	8.22	57040	28530	15.00	Agua de mar
12/02/2025	L6	569696	2681894	8.02	31440	16150	14.28	Agua de mar
12/02/2025	L7	569621	2681765	8.12	55630	27820	17.00	Agua de mar
12/02/2025	L8	569617	2681748	8.19	54890	54890	15.95	Agua de mar
12/02/2025	L9	569796	2682116	8.12	55600	27810	16.38	Agua de mar
12/02/2025	L10	569717	2682142	8.20	54690	27380	16.00	Agua de mar
12/02/2025	PZ-2	570981	2681352	7.76	5703	2866	21.89	NORIA (agua subterránea)
12/02/2025	PZ-3	571050	2681344	7.70	6787	3294	23.46	NORIA (agua subterránea)



Figura 4.12. Sitios de medición de parámetros físicos del agua.

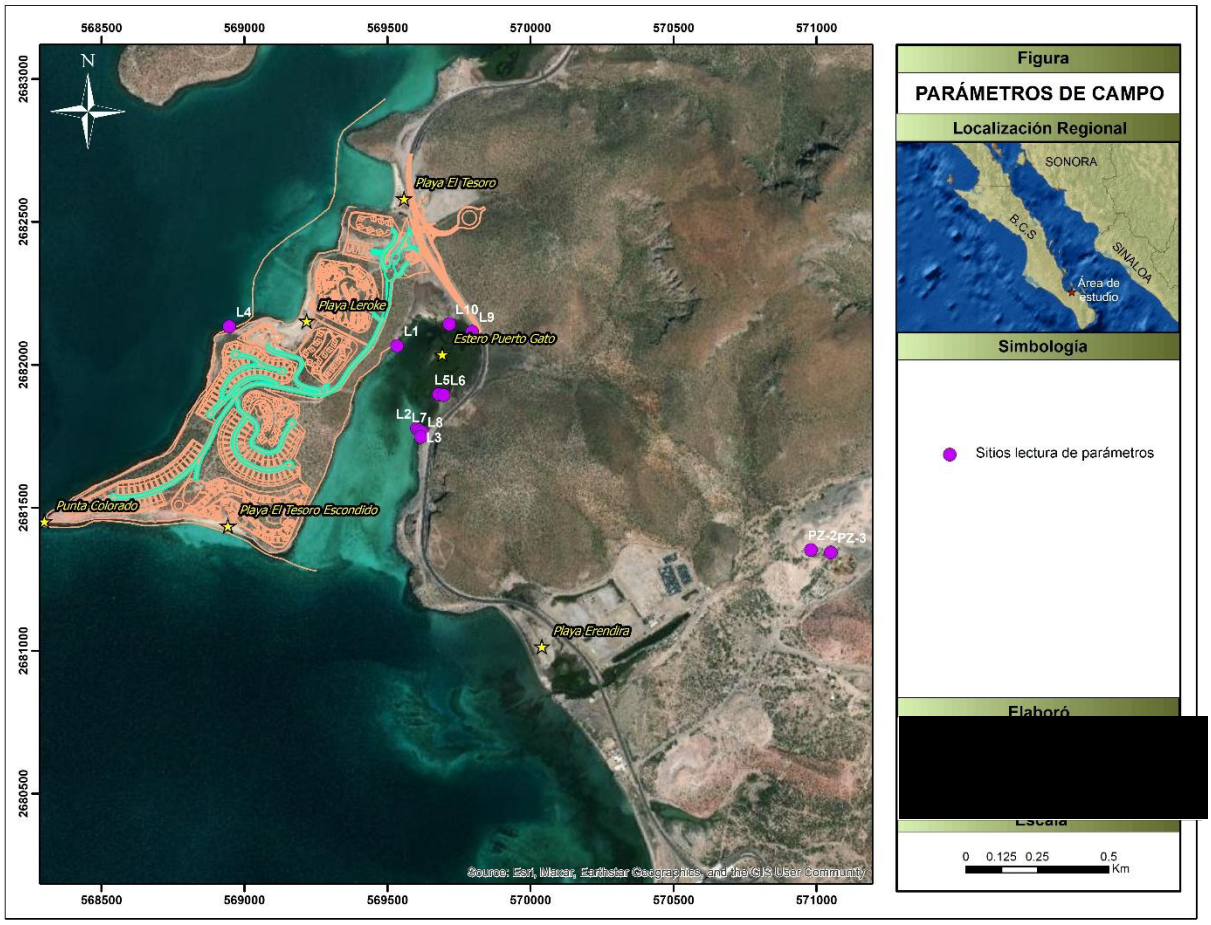


Figura 4.13. Localización de sitios de medición de parámetros físicos de agua**.**

Temperatura

La temperatura medida en el agua del Estero Puerto Gato osciló entre 14.28 a 25.62 °C, presentándose la menor temperatura en el sitio L5 y L6 localizados en la parte sur del Estero, mientras que la mayor temperatura se presentó en el sitio L2 localizado al sur de los sitios anteriores. La medición realizada en el agua subterránea de las norias (PZ-2 y PZ-3) presentó un valor entre 21.89 a 23.46 °C.

Potencial de hidrogeno (pH)

El pH en el agua del Estero osciló entre 8.02 a 8.53 unidades de pH, con excepción del sitio L1 ubicado en la parte oeste que presenta un valor de 6.24, el agua de las norias el pH varía de 7.70 a 7.76, ligeramente más ácida, lo que corresponde con agua subterránea de origen continental que descarga en el sistema lagunar del estero.

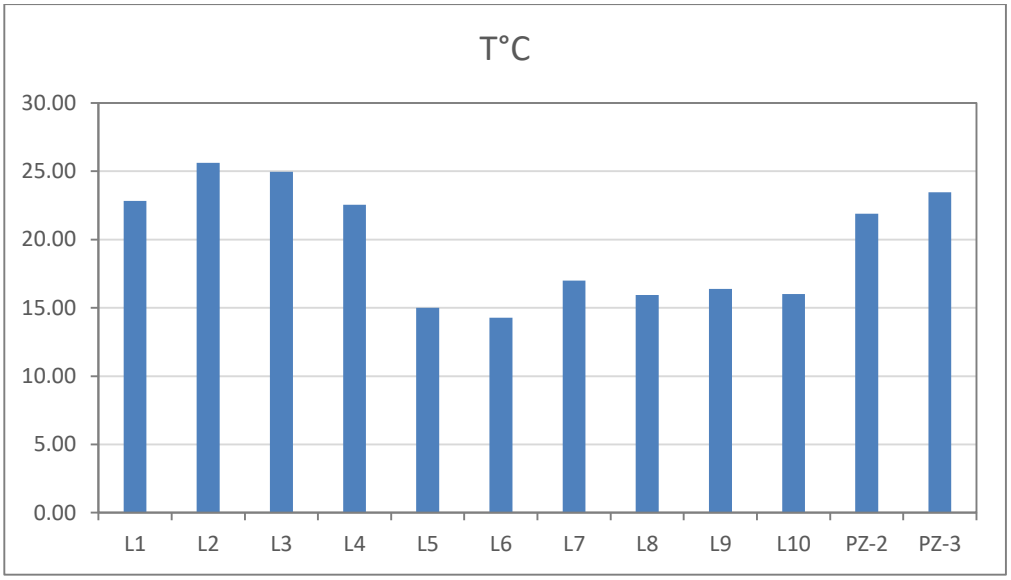


Figura 4.14. Valores de temperatura en campo.



Figura 4.15. Valores de pH en campo.

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) de una disolución salina es directamente proporcional a la concentración total de sales, a la relación entre ellas, y dependiente de la temperatura. Con base en ello, la conductividad eléctrica puede utilizarse para comprobar la exactitud de un análisis químico de agua en relación con su composición mineral mayoritaria y para la obtención de sólidos disueltos totales (Brusasco, 2014). Con base en lo anterior, se entiende que la conductividad eléctrica, la salinidad y los sólidos totales disueltos están directamente correlacionados entre sí.

Los valores de CE en el agua en el área del manglar varían desde 54370 a 57040 µS/cm, a excepción del sitio L6 que presenta un valor de 31440 µS/cm. La CE en agua de las norias varia de 5703 a 6787 µS/cm.

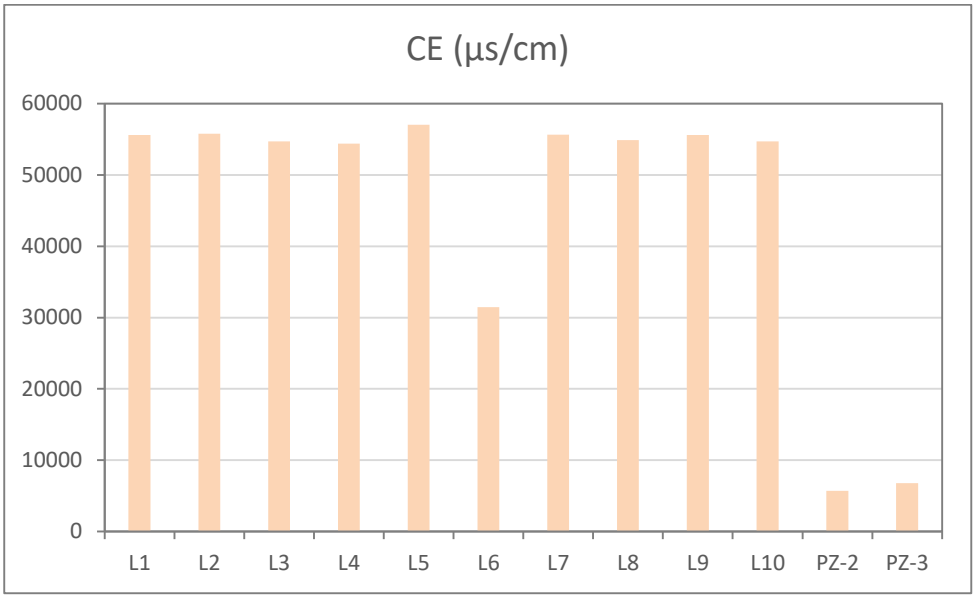


Figura 4.16. Valores de conductividad eléctrica.



Fotografía 4.1. Manglar Estero Puerto Gato, se observa en la parte izquierda la vegetación de un color opaco, así como huellas de vehículos, lo que indica que esta zona está afectada. Al fondo se observa la carretera que modificó los escurrimientos superficiales.



Fotografía 4.2. Entrada principal al proyecto Puna La Paz, al fondo se observa Playa El Tesoro, en la porción sur de la playa destaca una pequeña zona de manglar.



Fotografía 4.3. Estero Puerto Gato, visto desde la parte este del proyecto Punta La Paz**,** en esta porción de la playa destaca una pequeña zona de manglar. Cabe mencionar que en esta zona no se realizaran obras del proyecto, para proteger al mangle.

.



Fotografía 4.4. Vista área del Estero Puerto Gato, donde se observa pequeñas áreas de vegetación con decoloración (color amarillento).



Fotografía 4.5. Detalle del mangle del Estero Puerto Gato, donde se observa la interacción del flujo del agua de mar, el cual está condicionado a las variaciones de la marea.

El esquema de funcionamiento del Estero Puerto Gato, indica que el sistema no es capaz de mantener su gasto ecológico con el agua superficial (escurrimientos) ya que el volumen de escurrimientos de las cuencas del área es muy bajo, en el orden de **6,436 m3 anuales**, de los cuales se estima un volumen potencial de infiltración de **infiltran 1,662 m^3 anuales**, y parte de esta agua infiltrada se acumula en el subálveo del arroyo y parte alcanza el estero como flujo subterráneo desde el oriente.

Bajo el esquema anterior y los datos obtenidos del entorno del estero Puerto (Punta) Gato, este de manera natural recibe baja aportación de gasto ecológico desde el continente y del área del predio y escasamente cubre sus servicios ambientales con agua subterránea, y se mantiene fundamentalmente con agua de mar que ingresa por el suroeste y predomina en el sistema lagunar, la cual tiene fluctuaciones de oleaje y oscilaciones durante el día por efecto de las mareas (Figura 4.16).



Figura 4.16. Esquema de funcionamiento del Estero Puerto Gato.

5. CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Con el fin de evaluar y establecer una línea base de la calidad del agua en el área de estudio, se llevaron a cabo un muestreo del agua superficial en 10 sitios distribuidos alrededor del proyecto y en el área del Estero Puerto Gato.

5.1. Muestreo de agua

La química del agua en cualquier punto refleja importantes influencias: litológicas, atmosféricas, climáticas y antropogénicas; por lo que es fundamental poder identificar y cuantificar estas influencias.

Se seleccionaron los sitios para determinar la calidad del agua de los cuerpos de aguas superficiales, con el propósito de identificar la hidrogeoquímica del sistema, se llevó a cabo la toma de 9 muestras de agua del Estero Puerto Gato y agua de mar alrededor del proyecto Punta La Paz.

La toma de las muestras de agua en campo, estuvo a cargo del personal del laboratorio ABC Química, Investigaciones y Análisis S.A. de C.V, el cual se encuentra debidamente acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación A.C. (EMA) bajo el número de acreditación: AG-096-029/11 y aprobación de la CONAGUA: CNA-GCA-2877.

En la Figura 5.1 se muestra el plano con la localización de los sitios de muestreo y en la Tabla 5.1 se muestran los sitios de toma de muestra y sus coordenadas. En las figuras 5.2 se muestran las imágenes de los sitios donde se tomaron las muestras de agua para su análisis en el laboratorio.

Tabla 5.1. Coordenadas de sitios de muestreo de agua

FECHA	CLAVE	COORDENADAS(wgs84)	
10/02/2025	MLP-01	569168	2682199
10/02/2025	MLP-02	569576	2682077
10/02/2025	MLP-03	569662	2682124
10/02/2025	MLP-04	568833	2681941
10/02/2025	MLP-05	569416	2681922
10/02/2025	MLP-06	569597	2681905
10/02/2025	MLP-07	568896	2681429
10/02/2025	MLP-08	569558	2681277
10/02/2025	MLP-09	568265	2681459

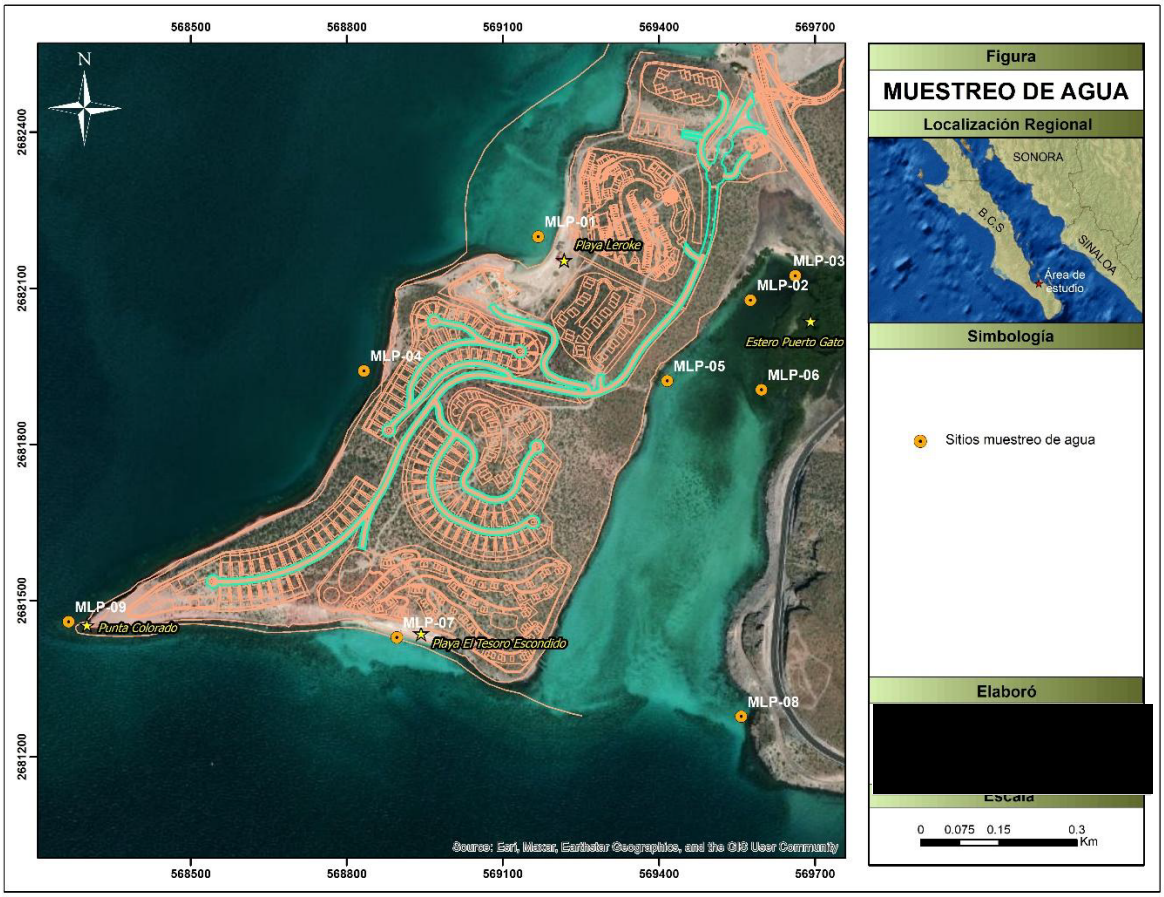


Figura 5.1. Plano de localización de sitios de muestreo de agua.

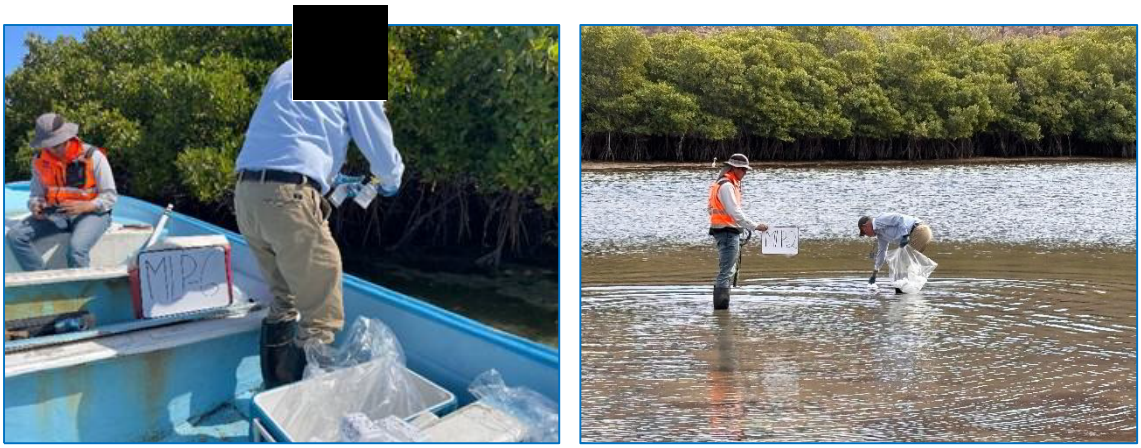


Figura 5.2. Toma de muestras de agua por personal acreditado del Laboratorio ABC.

5.2. Análisis de parámetros fisicoquímicos

La química del agua en cualquier punto refleja importantes influencias: litológicas, atmosféricas, climáticas y antropogénicas; por lo que es fundamental poder identificar y cuantificar estas influencias. Con el propósito de identificar la hidrogeoquímica del sistema, se llevó a cabo la toma de 5 muestras de agua dentro y fuera del área del proyecto para efectuar su análisis fisicoquímico.

La calidad del agua superficial fue evaluada de acuerdo con los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89. Así mismo se consideraron los indicadores de calidad de agua superficial de CONAGUA.

En la Tabla 5.2 se muestran los resultados de las muestras de agua provenientes del laboratorio comparados contra los límites permisibles de los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89, protección de la vida acuática, agua marina (áreas costeras), donde los números en rojo indican que el resultado obtenido de la muestra sobrepasa el LMP.

Tabla 5.2. Resultados de laboratorio comparados contra los LMP de los criterios ecológicos de calidad de agua (CE-CCA-001/89).

PARÁMETRO /UNIDADES	MLP-1	MLP-2	MLP-3	MLP-4	MLP-5	MLP-6	MLP-7	MLP-8	MLP-9	CE-CCA-001/89
Conductividad Electrolítica en campo (µS/cm)	53200	55700	53300	53400	53500	54100	53200	52800	54300	
Oxígeno Disuelto en Campo (mg/L)	6.41	6.86	6.31	5.99	6.28	5.57	4.82	6.45	8.83	5.0
Temperatura en campo (°C)	22	23	23	18	19	18	21	20	20	
pH en campo (U pH)	8	8	7.7	8.1	8.4	8.1	7.9	8.1	8.3	5 a 9
Arsénico Total (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01
Cadmio Total (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0009
Cloruros Totales (mg/L)	20909.82	21944.96	23911.73	22151.99	22876.59	21220.3	21841.45	21220.37	21220.37	
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	ND	ND	ND	ND	4	ND	ND	ND	ND	200
Color Verdadero (U Pt-Co)	ND	8	8	ND	ND	3	ND	ND	ND	
Cromo Total (mg/L)	ND	0.0068	ND	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	
Demanda Bioquímica De Oxigeno (DBO5) Total mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dureza Total (mg/L)CaCO3	6769.464	8962.53	11165.61	7490.472	6689.352	7390.332	6829.548	11215.68	6368.904	
Escherichia Coli NMP/100 mL	ND	ND	ND	ND	4	ND	ND	ND	ND	
Fierro Total (mg/L)	ND	0.3155	0.1519	ND	ND	ND	0.0222	ND	ND	0.05
Grasas y Aceites (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Manganeso Total (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Mercurio Total (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.000064	0.00002
Nitratos (mg/L) (Nitrógeno de)	0.027069	0.024803	0.028966	0.037086	0.026518	0.022809	0.022356	0.022978	0.041362	0.04
Nitritos (Nitrógeno de) (mg/L)	0.012985	0.013551	0.013535	0.013034	0.01219	0.01072	0.011043	0.011263	0.015077	0.002
Plomo Total (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.006
SAAM (CALCULADO COMO L.A.S. PM 288 Umas)	0.118026	0.102856	0.088057	0.073627	0.069927	0.092127	0.069927	0.095457	0.103226	0.1
Solidos Disueltos Totales (mg/L)	38370	39845	41045	37885	37690	39335	38660	38930	37725	
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	26	238.6	150.8	37.4	32.8	41.2	45.6	22.9	18.6	
Turbiedad (UNT)	1.4	22	8.2	0.4	1.3	1.2	3.7	1.2	0.55	
Fosfatos Totales (mg/L)	0.550038	1.119467	0.965096	0.461053	0.442935	0.427103	0.468942	0.410095	0.509931	0.002
Fosforo Total	0.179751	0.365839	0.315391	0.150671	0.14475	0.139576	0.153249	0.134018	0.166644	
CE-CCA-001/89	CRITERIOS ECOLÓGICOS DE CALIDAD DEL AGUA. Protección de la vida acuática, agua marina (áreas costeras),									

5.3 Propiedades químicas / físicas

5.3.1 Oxígeno disuelto

El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir.

Los niveles de oxígeno disuelto típicamente pueden variar de 0 - 18 partes por millón (ppm) aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 - 6 ppm para soportar una diversidad de vida acuática. Los niveles de oxígeno disuelto por debajo de 3 ppm dañan a la mayor parte de los organismos acuáticos y por debajo de 2 o 1 ppm los peces mueren.

En el área de estudio los niveles de oxígeno disuelto se encuentran en óptimas condiciones para la actividad biológica, el más bajo se presentó en el sitio MLP-7 (Playa El Tesoro Escondido) con 4.8 mg/L y el más alto se registró en el sitio MLP-9 (Punta Colorada) con 8.83 mg/L

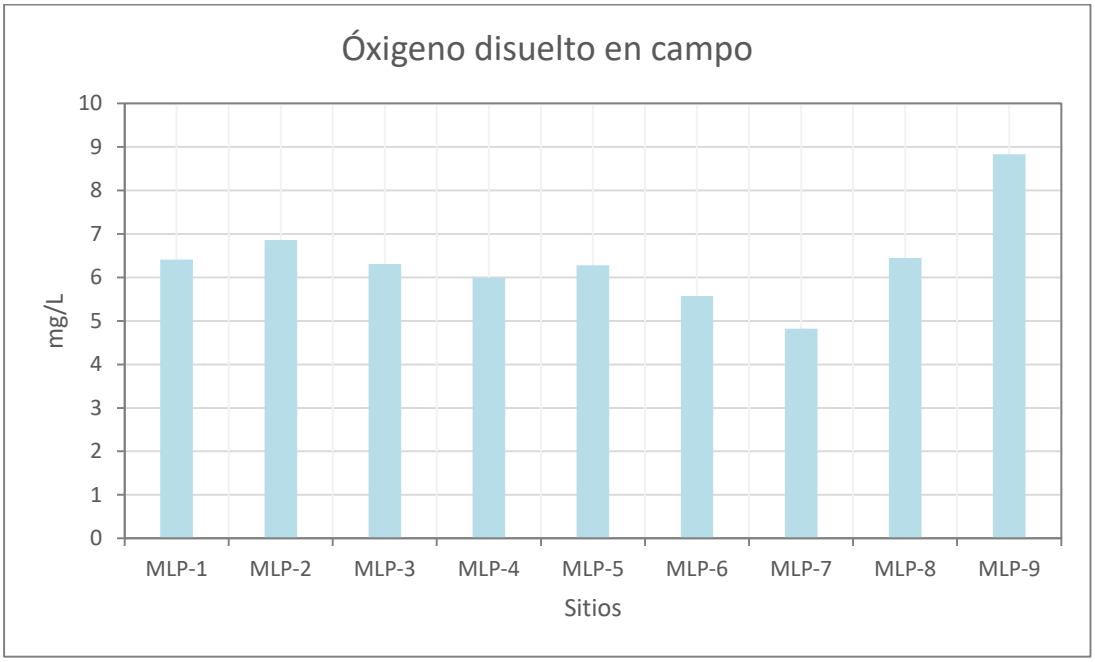


Figura 5.3. Resultados de oxígeno disuelto.

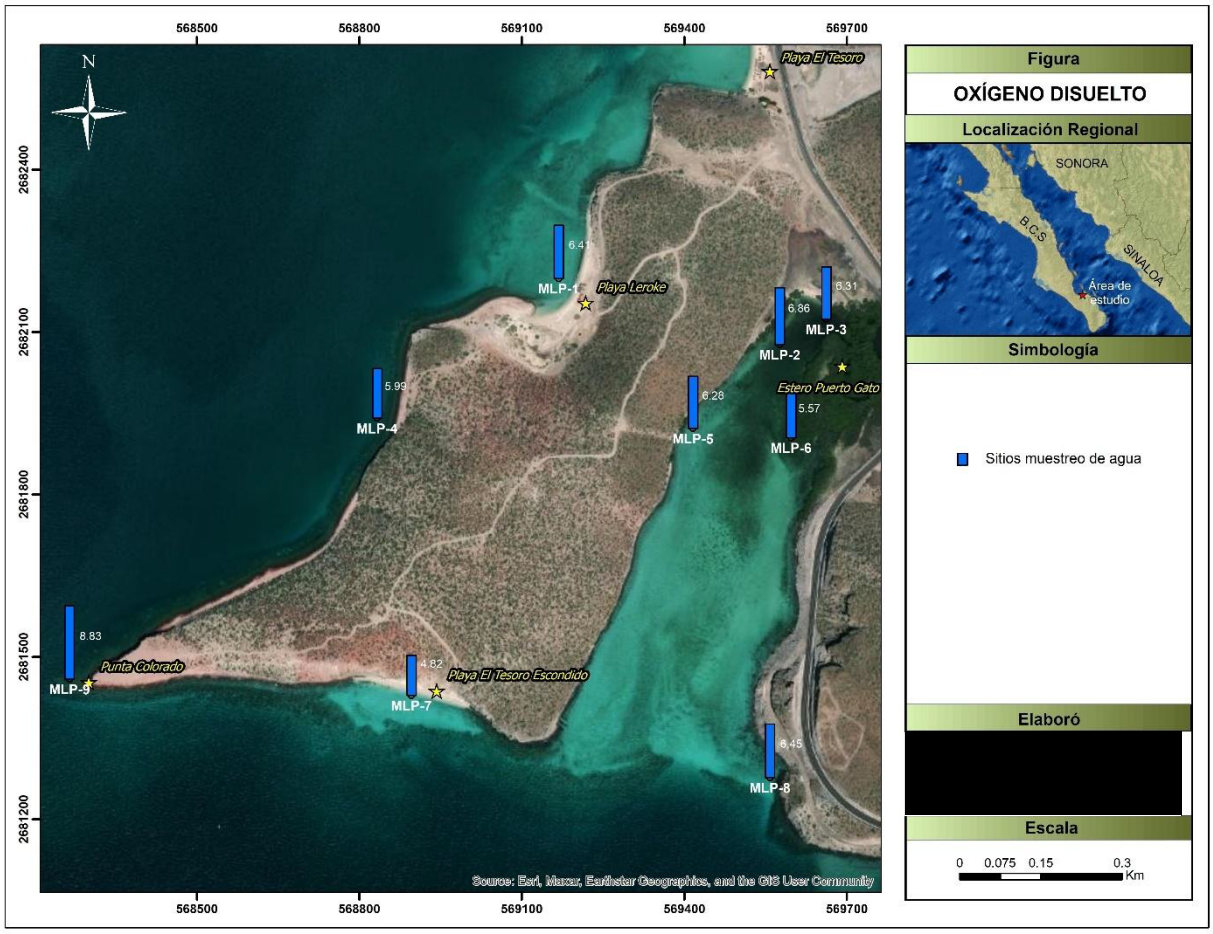


Figura 5.4. Distribución de Oxígeno disuelto.

De acuerdo los indicadores de calidad de agua superficial de CONAGUA, en sitios de medición en cuerpos de aguas lénticos (Tabla 5.3), en el área del proyecto Punta La Paz los porcentajes de saturación varían desde 52.34 a 96.29% (4.82 a 8.83 mg/L) por lo cual la mayoría de los sitios entran en la categoría de excelente debido a que entran en el rango de 70<OD<=110, sin embargo, la muestra MLP-7 se ubica en la clasificación de buena calidad, ya que entra en el rango 50<OD<=70.

Tabla 5.3. Indicadores de la calidad de agua superficial en % de Oxígeno disuelto (CONAGUA).

Indicador	Cumplimiento			Incumplimiento	
	Excelente	Buena Calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
Porcentaje de saturación de Oxígeno disuelto OD	70<OD<=100	50<OD<=70 y 110<OD<=120	30<OD<=50 y 120<OD<=130	10<OD<=30 y 130<OD<=150	OD<=10 y OD>150

Por otra parte, la configuración de isovalores del oxígeno disuelto en el área del Estero Puerto Gato, muestra que las mayores concentraciones se encuentran en la parte norte con 6.8 mg/l, la cual disminuye hacia el sur con valores de 5.6 mg/l, lo cual indica que en agua de mejor calidad se encuentra en el Estero (Figura 5.5).

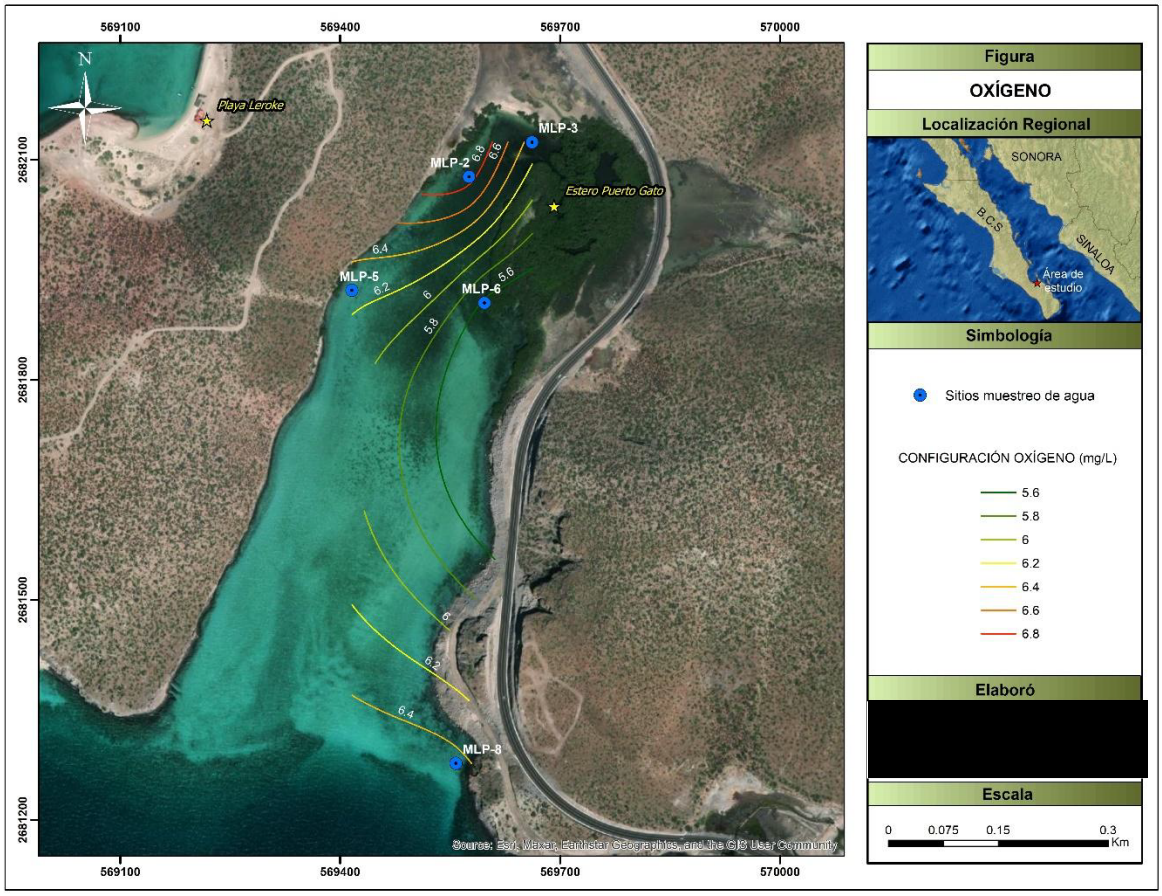


Figura 5.5. Configuración de isovalores de Oxígeno disuelto.

5.3.2 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

Cuando el DBO5 se encuentra en concentraciones altas, significa que hay mucho material orgánico biodegradable o materia en descomposición, lo que puede impactar negativamente al ambiente, como lo son zonas costeras o manglares. Durante el muestreo no se detectó la presencia de DBO5 en ninguna de las nueve muestras realizadas.

5.3.3 Sólidos totales disueltos (STD)

Los STD son una medida de la suma de todos los minerales, sales y compuestos orgánicos disueltos en el agua. Este parámetro es un buen indicador de la mineralización del agua y puede ser influenciado por la lixiviación de materiales geológicos, la evaporación, o actividades humanas como la agricultura y la minería.

En las muestras analizadas, los valores de STD mostraron diferentes concentraciones, siendo el sitio MLP-5 y MLP-9 que presentan menores concentraciones,

con 37,690 mg/L y 37,725 mg/L, respectivamente. Los sitios que más concentraciones de STD mostraron fueron los sitios MLP-3 y MLP-2 con 41,045 y 39,845 mg/L respectivamente. La configuración de isovalores, muestra que la mayor concentración se localiza en la parte norte del Estero Puerto Gato con 40,800 mg/l, el cual disminuya hacia el sur con valores de 37,800 mg/l (Figura 5.7).

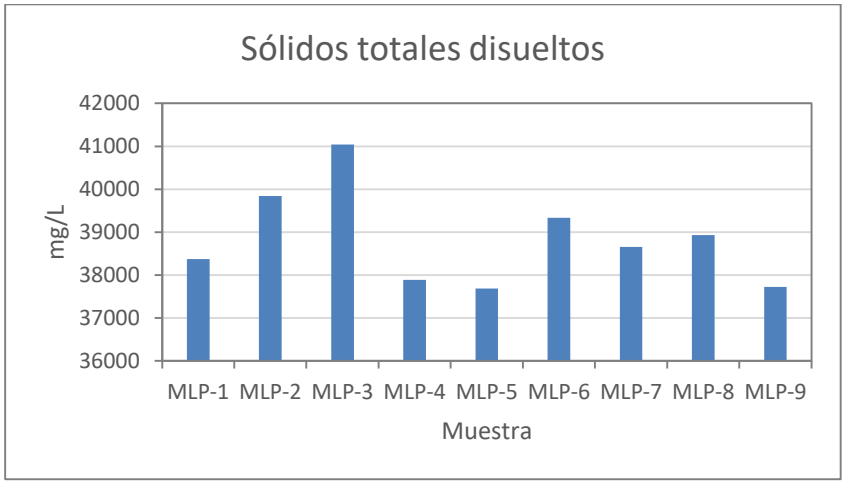


Figura 5.6 Concentración de sólidos totales disueltos

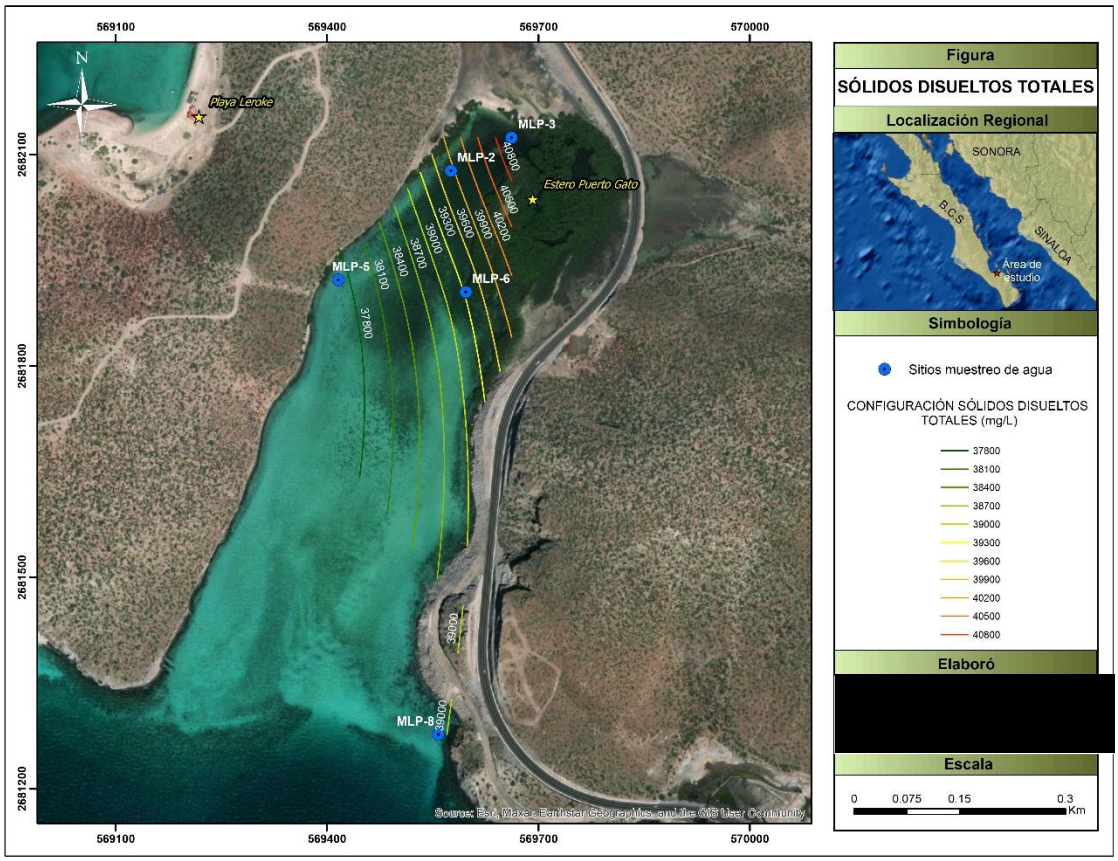


Figura 5.7. Configuración de isovalores de solidos totales disueltos.

5.3.4 Sólidos suspendidos totales (SST)

Los SST presentan concentraciones entre 18.6 a 150.8 mg/l. Para los SST se obtiene que dos de los sitios no cumplen con los indicadores de la calidad de agua superficial, cuerpos de agua lénticos de CONAGUA, el cual nos indica que los valores menores a 150 mg/l cumplen, mientras que los que están por arriba de los 150 mg/L no cumplen (contaminada) por lo cual los sitios MLP-2 y MLP-3 con 238.6 y 150.8 mg/L respectivamente, no cumple. Estos sitios se ubican en la parte noroeste del Estero Puerto Gato.

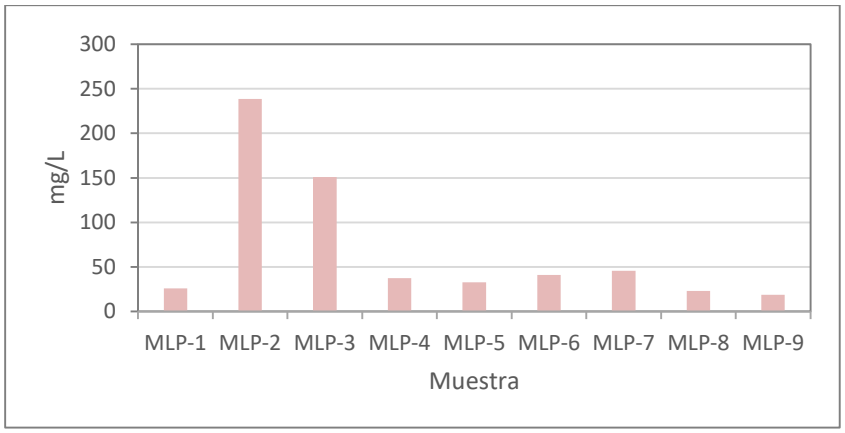


Figura 5.8. Concentraciones de Solidos suspendidos totales**.**

5.3.5. Potencial de hidrogeno (pH)

Determinar las concentraciones de pH en las costas o cuerpos de agua cercano al mar, es de suma importancia para evaluar la calidad del medio marino, el pH indica el grado de acidez o alcalinidad del agua. Dependiendo de las variaciones del pH pueden indicar que afectaciones se pueden presentar en el medio, ya sea afectando los procesos biológicos o la salud ambiental del mismo. Monitorear u observar estos valores, así como sus alteraciones, nos ayuda a detectar posibles afectaciones provenientes de las actividades humanas y de qué manera responder antes estas situaciones.

Según los criterios ecológicos de calidad del agua para agua marina, la cual se está usando de referencia, los niveles de pH obtenidos varían entre 7.9 a 8.4, los cuales se encuentran dentro del LMP que es entre 5-9 U pH (Figura 5.9).

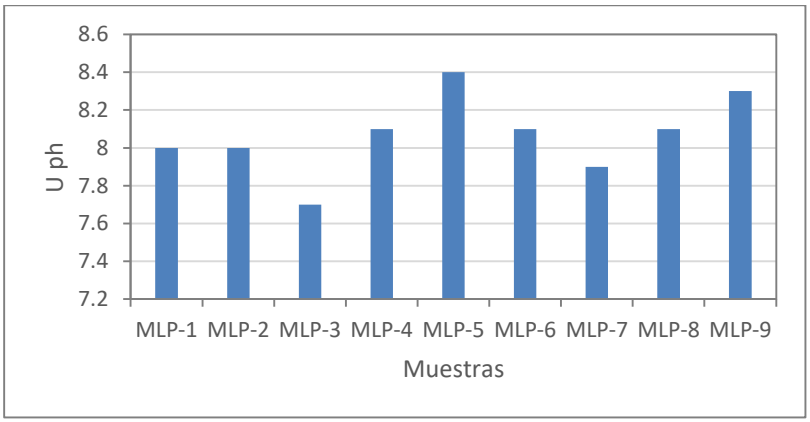


Figura 5.9. Resultados de pH obtenidos en campo**.**

5.3.6. Dureza total

La dureza total está relacionada con la concentración de cationes divalentes, principalmente calcio y magnesio. Este parámetro afecta la calidad del agua para usos domésticos e industriales, ya que puede provocar incrustaciones en tuberías y equipos. Según su clasificación, el agua puede variar de blanda a muy dura.

Las concentraciones de dureza presentan valores de 6,368 mg/L CaCO3 (MLP-9) a 11,215 mg/L CaCO3 (MLP-8).

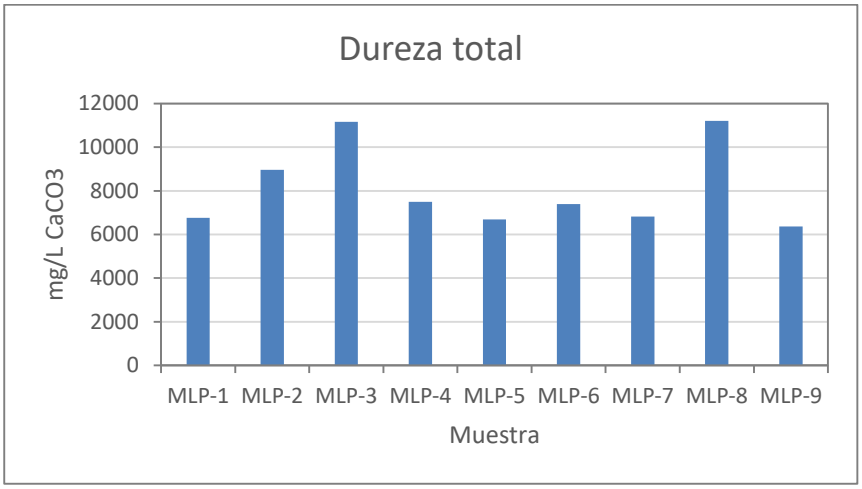


Figura 5.10. Concentraciones de dureza total

5.3.7. Turbiedad

La turbiedad mide la cantidad de partículas en suspensión y es un indicador de contaminación física en el agua, niveles altos pueden deberse a la erosión del suelo, actividades humanas o presencia de microorganismos.

La turbiedad varía desde 0.4 a 22 UNT, las concentraciones más altas se registraron en los sitios MLP-2 y MLP-3 con 22 y 8.2 UNT respectivamente, estos sitios se localizan en la parte noroeste del Estero Puerto Gato.

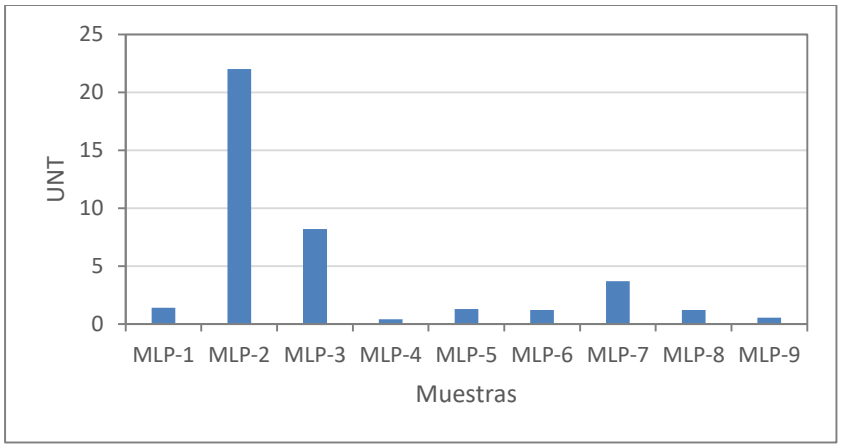


Figura 5.11. Resultados de turbiedad

5.3.8. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica varía desde 52,800 a 55,700 µS/cm. Las mayores concentraciones se presentan en los sitios MLP-02 y MLP-06 con valores de 57,500 y 54,100 µS/cm, respectivamente, estos sitios se ubican en la parte oeste del Estero Puerto Gato, por el contrario, en la parte sur a la salida del estero la concentración disminuye a 52,800 µS/cm, registrado en el sitio MLP-08. En la parte Oeste del proyecto la conductividad eléctrica varia éter 53,200 a 54,200 µS/cm.

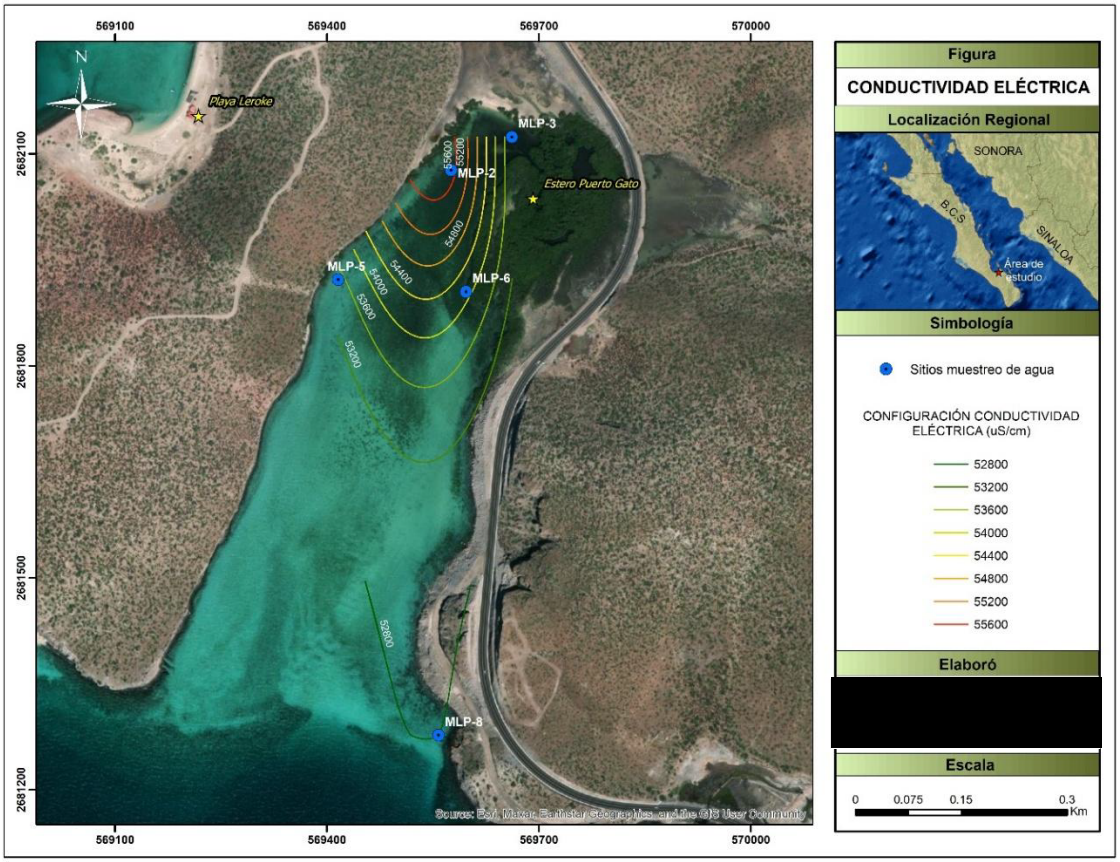


Figura 5.12. Configuración de isovalores de conductividad eléctrica.

5.4. Microorganismos

5.4.1 Escherichia coli

La presencia de Escherichia coli en cuerpos de agua puede indicar contaminación debido a que estas solo ingresan al cuerpo de agua a través de heces provenientes de humanos o animales ya que estos organismos solo se encuentran en la flora intestinal.

Los análisis de laboratorio indicaron que solo el sitio MLP-5 se registró la presencia de Escherichia Coli con 4 NMP/100 mL, sin embargo, de acuerdo con los indicadores de la calidad de agua superficial, cuerpos de agua lénticos de CONAGUA, la muestra MLP-5 se encuentra en el rango de “Excelente” ya que esa concentración no presenta un riesgo.

Tabla 5.4 Indicadores de la calidad de agua superficial de Escherichia coli, en cuerpos de agua lénticos en NMP/100 ml (CONAGUA).

Indicador	Cumplimiento			Incumplimiento	
	Excelente	Buena calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
Escherichia coli	≤250	250 - 500	500 - 1000	1000 - 10000	> 10000

5.5. Sales

5.5.1 Nitratos

Los nitratos variaron entre 0.022356 y 0.041362 mg/L, de acuerdo con los Criterios ecológicos de calidad del agua (áreas costeras), el LMP es de 0.04 mg/L por lo cual solo el sitio MLP-9 se encuentra ligeramente por arriba del LMP, (este sitio se ubica en Punta Colorada). Según los indicadores de calidad de agua subterránea de CONAGUA, todas las muestras entran en la categoría “cumplimiento” debido a que todas cumplieron con el limite el cual es N_NO3<=5. En el área del Estero las concentraciones varían entre 0.0289 m/L (MLP-03) a 0.0228 m/L (MLP-06), las concentraciones disminuyen hacia el sur.

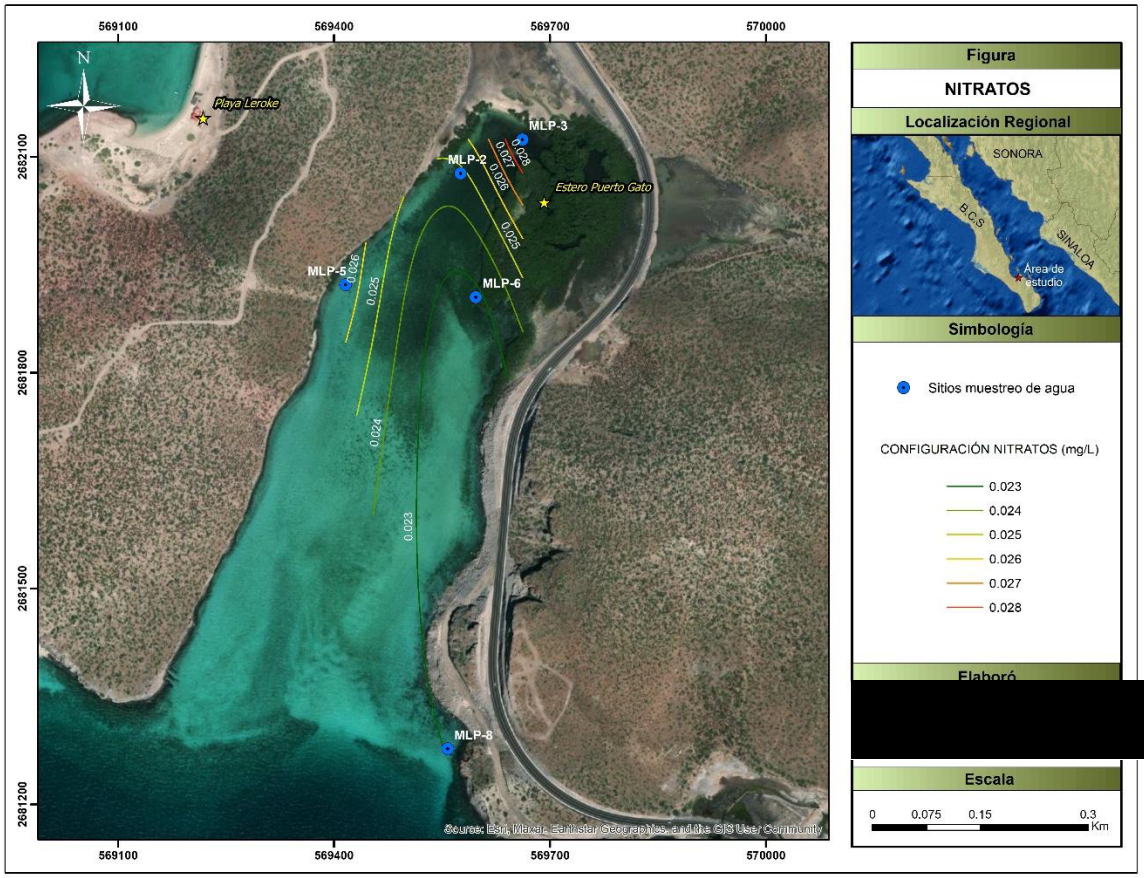


Figura 5.13. Configuración de isovalores de nitratos.

5.5.2 Nitritos

Los nitritos se detectaron en un rango de 0.01072 y 0.015077 mg/L. De acuerdo con los criterios ecológicos de calidad del agua (CE-CCA-001/89) establece un LMP de 0.002 mg/L por lo cual, todos los sitios se encuentran por arriba del LMP.

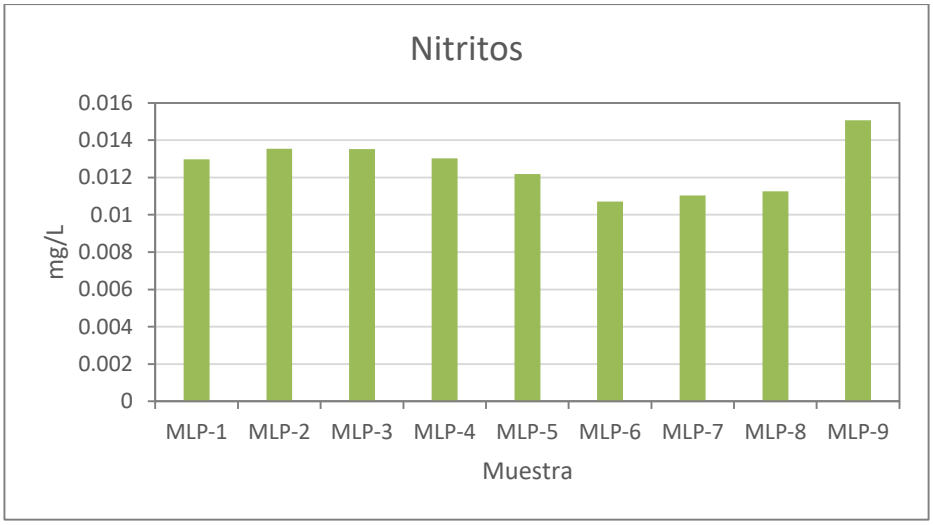


Figura 5.18. Concentraciones de nitritos

5.5.3 Fosfatos totales

Los fosfatos oscilaron entre 0.41 y 1.11 mg/L. De acuerdo con los criterios ecológicos de calidad del agua que establece un límite máximo de 0.002 (**Protección de la vida acuática, agua marina**) por lo cual todos los sitios sobrepasan el límite permitido. Las mayores concentraciones se presentan en la parte noroeste del Estero Puerto Gato, en los sitios MLP-02 y MLP-03 con 1.119 y 0.965 mg/L respectivamente. Un exceso de fosfato en la zona pudiera favorecer el crecimiento de algas, las cuales al entrar en descomposición reducen el oxígeno disuelto de la zona.

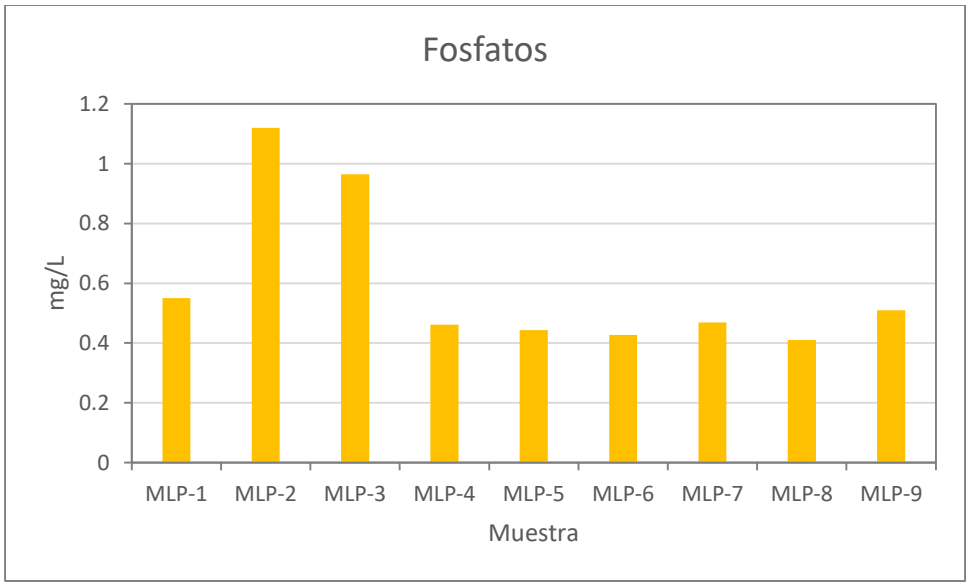


Figura 5.19. Concentraciones de fosfatos.

5.5.4 Cloruros

La concentración de cloruros varía desde 20,909.82 hasta 23,911.73 mg/L siendo el más alto perteneciente al sitio MLP-3 y el más bajo MLP-1. En el área del Estero Puerto Gato, se presentan las mayores concentraciones en la parte noroeste con valores desde 21944 a 23911 m/L.

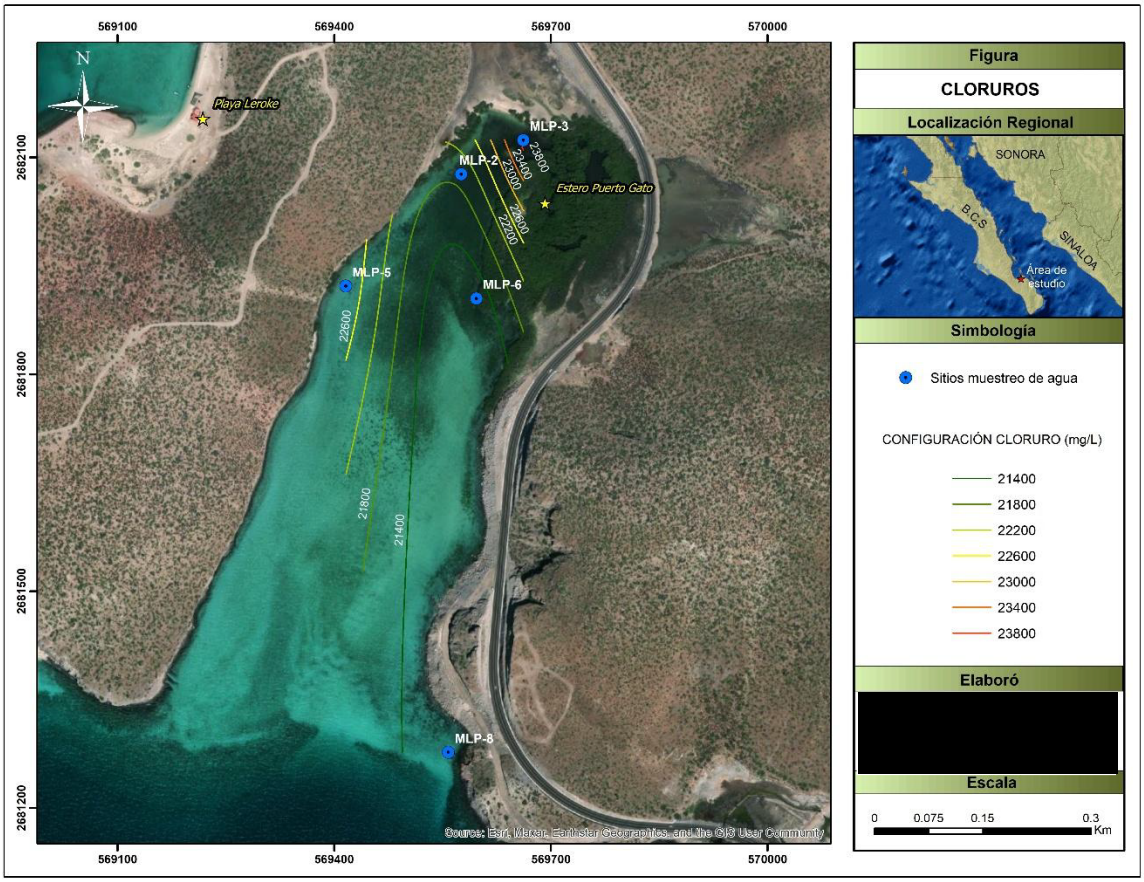


Figura 5.20. Configuración de isovalores de cloruros.

5.6. Metales

5.6.1 Hierro total

El hierro solo estuvo presente en tres de los nueve lugares muestreados, los cuales son MLP-02 (0.022 mg/L), MLP-02 (0.1519 mg/L) y MLP-02 (0.3155 mg/L), de acuerdo con los criterios ecológicos de calidad del agua, el LMP es de 0.05 mg/L para zonas costeras, por lo cual **los sitios MLP-2 y MLP-3, se encuentran por arriba del LMP, estos sitios se localizan en la parte noroeste del Estero Puerto Gato.**

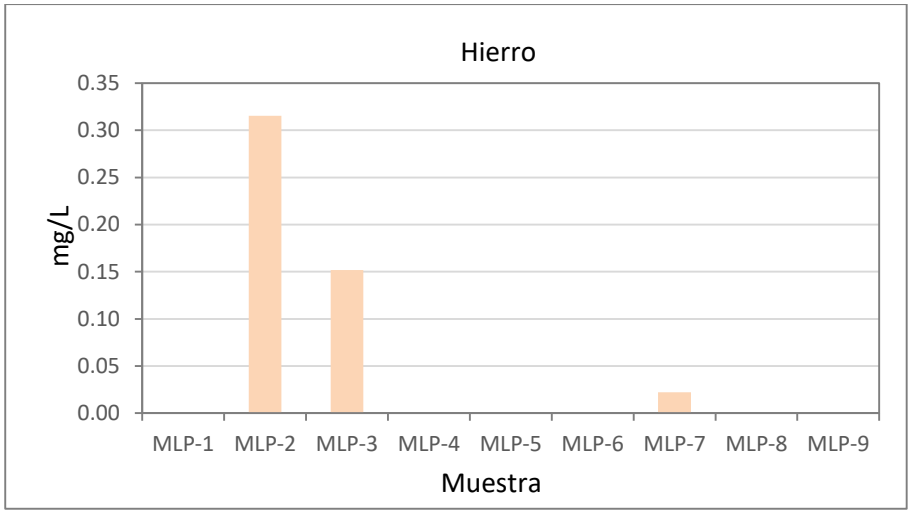


Figura 5.21. Concentración de hierro.

5.6.2 Cromo

El cromo solo se detectó en dos de los nueve sitios los cuales fueron MLP-2 y MLP 4, la mayor concentración de 0.0068 mg/L, se registró en el sitio MLP-02 que se localiza en la parte noroeste del Estero Puerto Gato, el sitio MLP-04 presento una concentración de 0.006 mg/L.

5.6.3. Fósforo total

La concentración de fosforo vario desde 0.134 a 0.365 m/L, con un promedio de 0.194 mg/L, las concentraciones más altas se registraron en los sitios **MLP-2 y MLP-3 con una concentración de 0.365 y 0.315 mg/L respectivamente. Estos sitios se localizan en la parte noroeste del Estero Puerto Gato.**

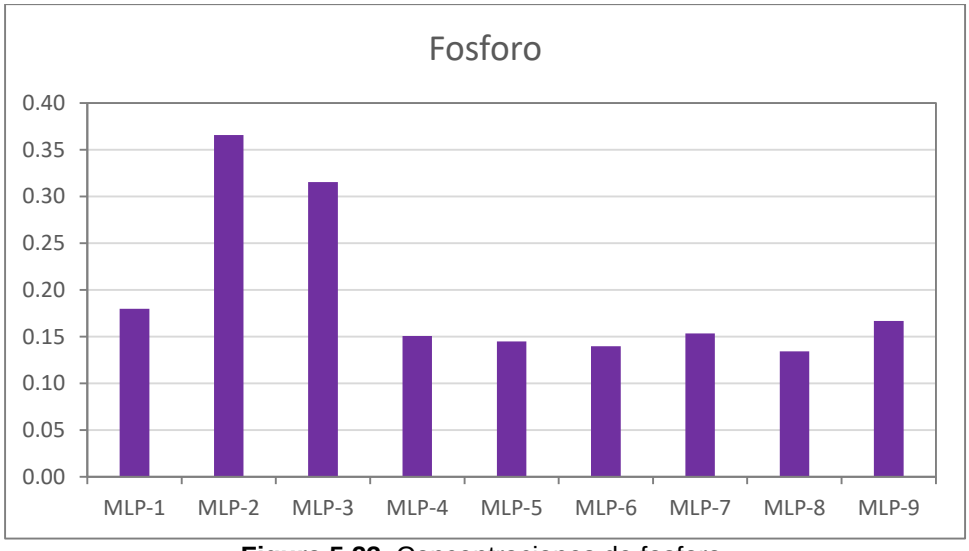


Figura 5.23. Concentraciones de fosforo.

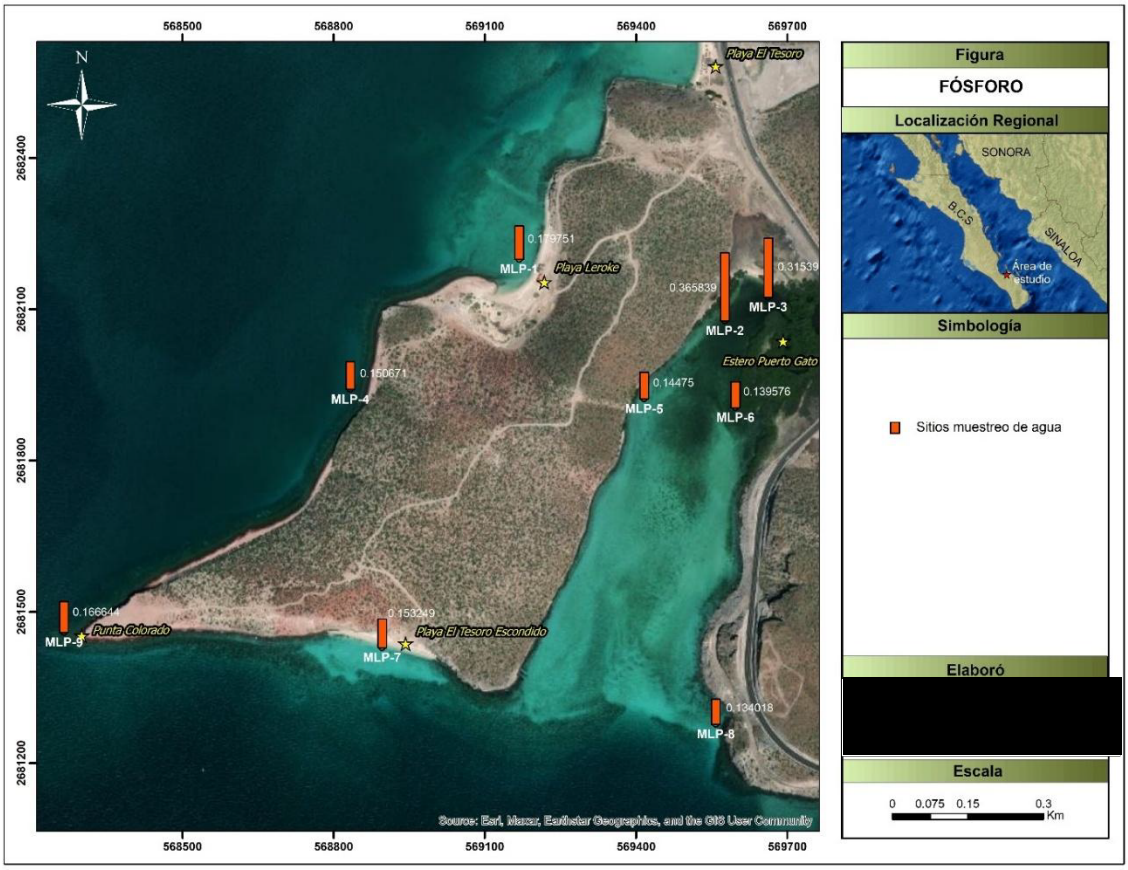


Figura 5.22. Configuración de fosforo

5.7. Perfiles geoquímicos

Con la finalidad de conocer las condiciones del agua en el proyecto Punta La Paz, se elaboraron perfiles geoquímicos, a partir de los perfiles geofísicos y geoeléctricos se construyeron tres transectos con base hidrogeoquímica (Figura 5.23).



Figura 5.23. Localización de los perfiles geoquímicos realizados en el área de estudio.

Tomando las características del estero y la hipótesis de aporte de agua al humedal, el muestreo de agua se trazó cruzando el predio con tres transectos para cubrir los diferentes cuerpos de agua, sin embargo, en el predio no existen obras de infraestructura hidráulica para tomar muestra de agua subterránea.

El pH del agua en los sitios MLP 5, 6 y 8 a diferencia del pH típico del mar (8.2-8.3) se encuentran entre 7.1 y 7.7 que sugiere la aportación de agua más ácida, que se acerca al neutro. Estos valores denotan que existe una aportación que mezcla agua dulce con agua de mar en tres sitios de descarga de flujo subterráneo (Figura 5.24). En las tres ubicaciones se observa vegetación sana de manglar.

Los transectos permitieron observar las diferentes calidades a la entrada y salida del estero Puerto Gato, estableciendo su estado base. Lamentablemente, al interior del predio no existe aprovechamiento en donde tomar muestra de agua subterránea.

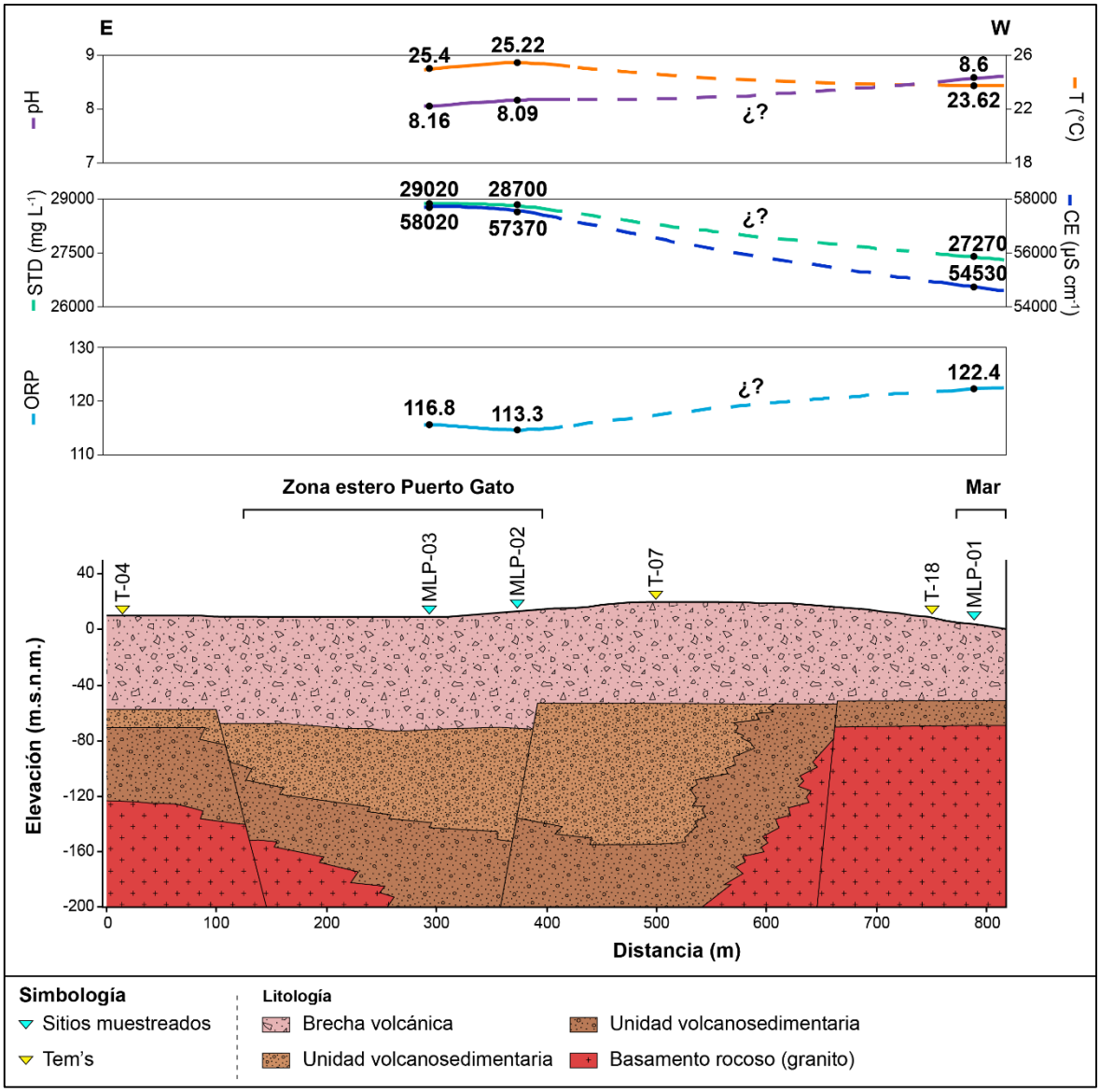


Figura 5.24. Perfil-1. Gráficas que trazan la variación horizontal de los parámetros fisicoquímicos, en la parte norte del Estero Puerto Gato.

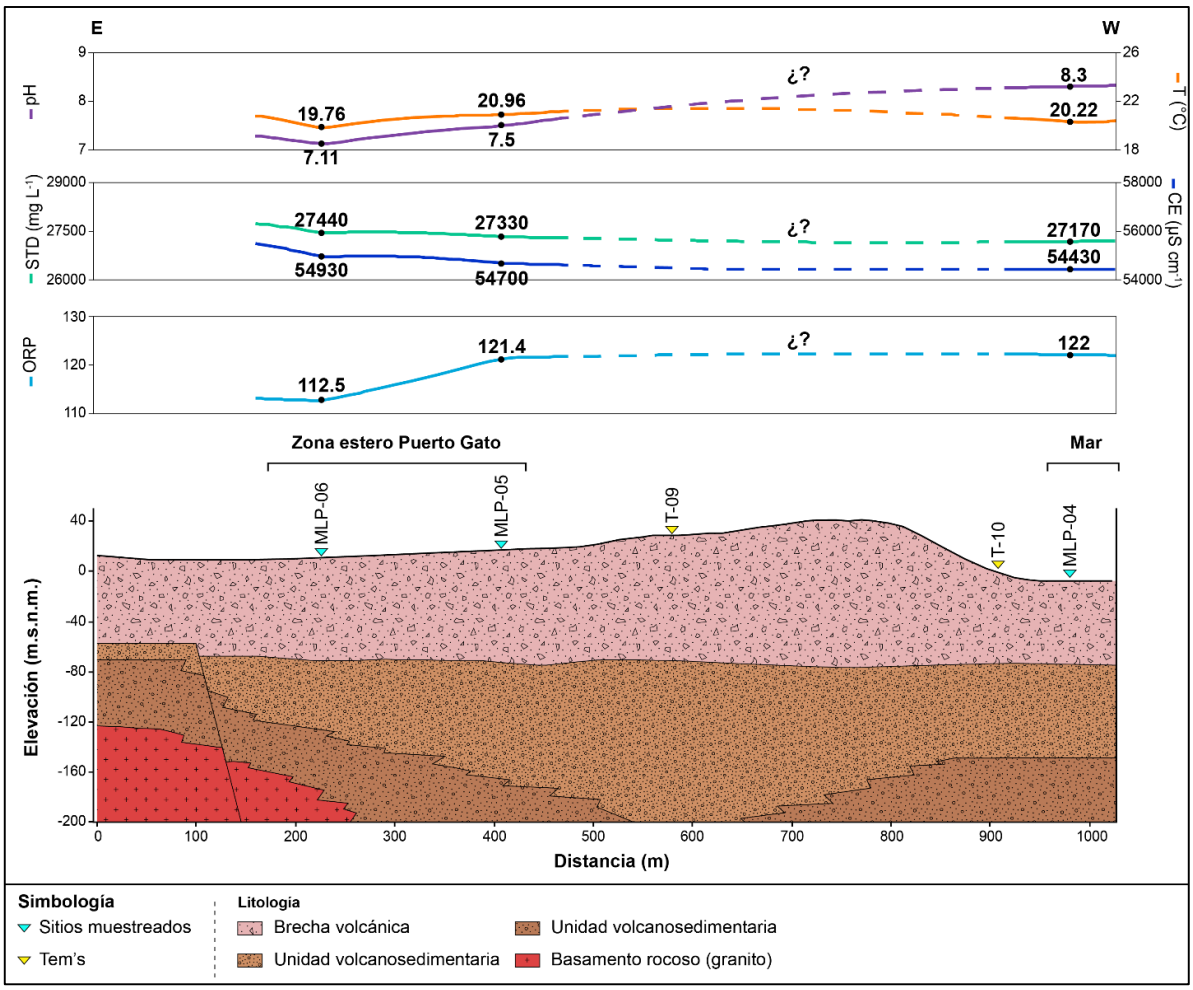


Figura 5.25. Perfil-02. Gráficas que trazan la variación horizontal de los parámetros fisicoquímicos**,** en la parte sur del Estero Puerto Gato.

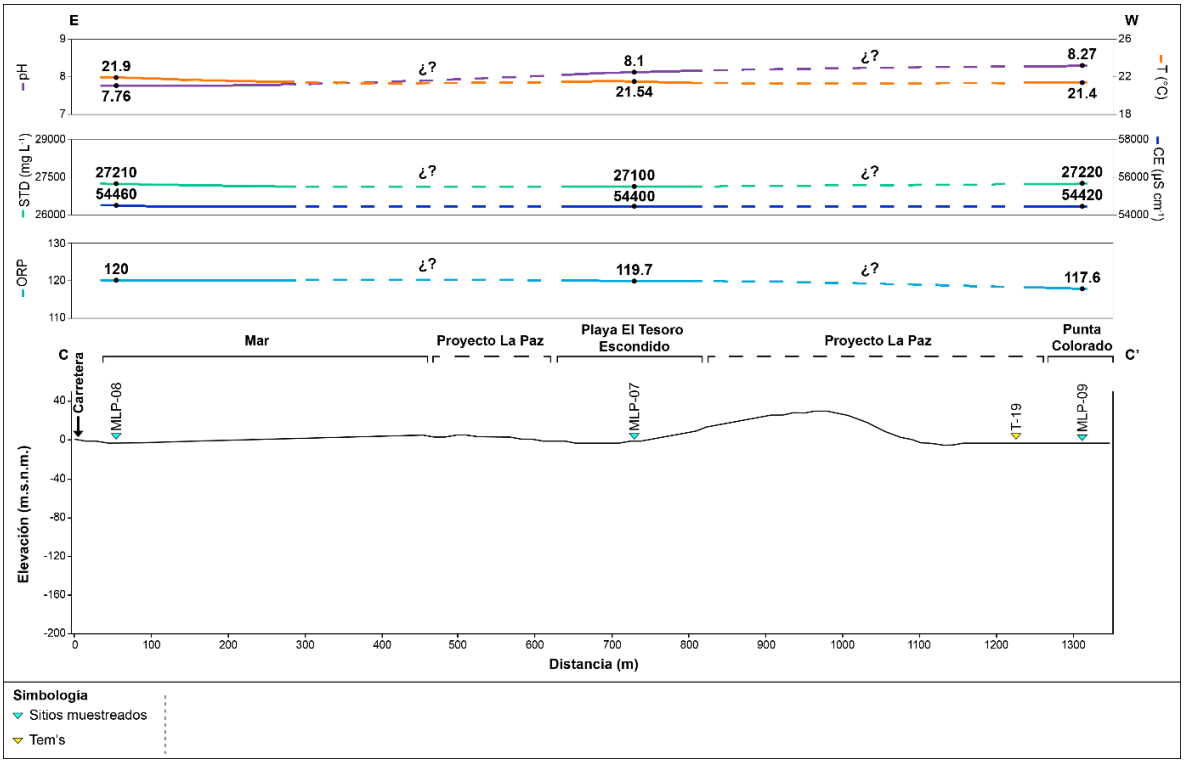


Figura 5.26. Perfil-03. Gráficas que trazan la variación horizontal de los parámetros fisicoquímicos**,** en la parte sur.

6. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

A partir de las condiciones fisiográficas y geológicas del área estudiada, así como de los objetivos buscados con este trabajo hidrogeológico, se consideró necesario utilizar el método geofísico de exploración denominado Sondeo Transitorio Electromagnético en el dominio del tiempo (TEM), el cual tiene la mayor eficiencia resolutiva y gran sensibilidad a la presencia de agua o de materiales saturados.

Integrando la información obtenida de cada uno de éstos, se generaron perfiles con el fin de identificar las diferentes unidades resistivas, y determinar su distribución espacial y geométrica en el subsuelo.

El objetivo principal de este trabajo fue determinar, a partir de los resultados obtenidos en estos perfiles, las unidades con características resistivas factibles para el desarrollo de pozos, identificando con esto zonas que puedan ser conductos de flujo de agua subterránea.

6.1 Método Electromagnético.

Con el método electromagnético aplicado (TEM) se pretende mostrar una caracterización resistiva del subsuelo. Debido a la gran resolución vertical que se obtiene con esta técnica, en los perfiles resistivos es posible observar las heterogeneidades (zonas anómalas) que pueden asociarse a estructuras geológicas, cambios granulométricos de facies sedimentarias y/o fracturamiento en la roca.

Además, la presencia del agua influye en el valor medido provocando cambios importantes en la resistividad eléctrica (que es el parámetro experimental de campo que se mide), lo que puede ser identificado también con este método.

Particularmente para este proyecto, la técnica del TEM (sondeo transitorio electromagnético), consistió en utilizar una espira o bobina que está construida por un cable en forma de cuadro con dimensiones de 50 x 50 m (área de la bobina 2,500 m^2), con el arreglo denominado “Single Loop" (Figura 6.1), es decir donde únicamente se utiliza una bobina, la cual actúa en ciertos instantes de tiempo como transmisora de la señal y en otros es receptora, con una resistencia de 2.1 ohms en el circuito, para lo cual se utilizó un cable de fabricación canadiense de 110 hilos; con estas características del arreglo se logró una intensidad de corriente de 5.3 amperes, esto para cumplir con los 600 m de investigación propuestos.

Una vez obtenida y verificada la información de campo, se inició el trabajo de gabinete el cual básicamente consiste en: 1) corrección de los datos geofísicos, 2) elaboración de modelos de curva de resistividad aparente (los modelos unicapa y multicapa, 3) configuración de los perfiles de resistividad, y 4) planos resistivos de elevación.

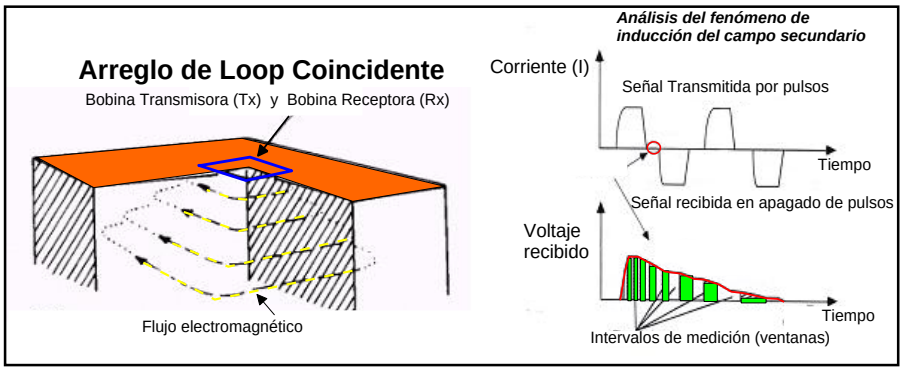


Figura 6.1. Arreglo de Loop coincidente utilizado en los sondeos.

Una vez obtenida y verificada la información de campo, se inició el trabajo de gabinete consistente en la corrección de los datos geofísicos y elaboración de modelos (los modelos unicapa y multicapa son mostrados en el Apéndice 2). Para la localización de los sitios de medición se utilizó un equipo GPS marca GARMIN, el cual proporciona las coordenadas geográficas (X, Y) y una elevación con un margen de error aceptable, para cada sitio de medición. Como parte de este estudio se realizaron 21 sondeos electromagnéticos (Figura 6.2, Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Coordenadas de los sondeos electromagnéticos ejecutados (WGS-84)

Nombre (ID)	(x) Este Longitud	(Y) Norte Latitud	(Z) Elevación (m.s.n.m.)	Nombre (ID)	(x) Este Longitud	(Y) Norte Latitud	(Z) Elevación (m.s.n.m.)
T-01	569384.99	2682340.82	9.06	T-11	569138.16	2681750.56	55.06
T-02	569522.71	2682368.69	8.37	T-12	569254.44	2681774.37	38.96
T-03	569659.94	2682235.17	-1.32	T-13	568982.32	2681753.99	42.81
T-04	569937.71	2682033.32	0.25	T-14	568992.67	2681687.02	54.07
T-05	570107.54	2681987.33	4.55	T-15	569017.91	2682066.09	5.72
T-06	569311.75	2682318.82	22.39	T-16	568553.92	2681547.69	12.92
T-07	569464.64	2682170.17	22.39	T-17	568818.17	2681552.83	45.83
T-08	569042.72	2682096.84	6.33	T-18	569154.14	2682078.92	4.36
T-09	569244.42	2681896.28	42.04	T-19	568415.59	2681489.24	9.57
T-10	568916.63	2681942.61	12.12	T-20	568701.11	2681568.25	30.82
				T-21	569031.22	2681511.43	18.22

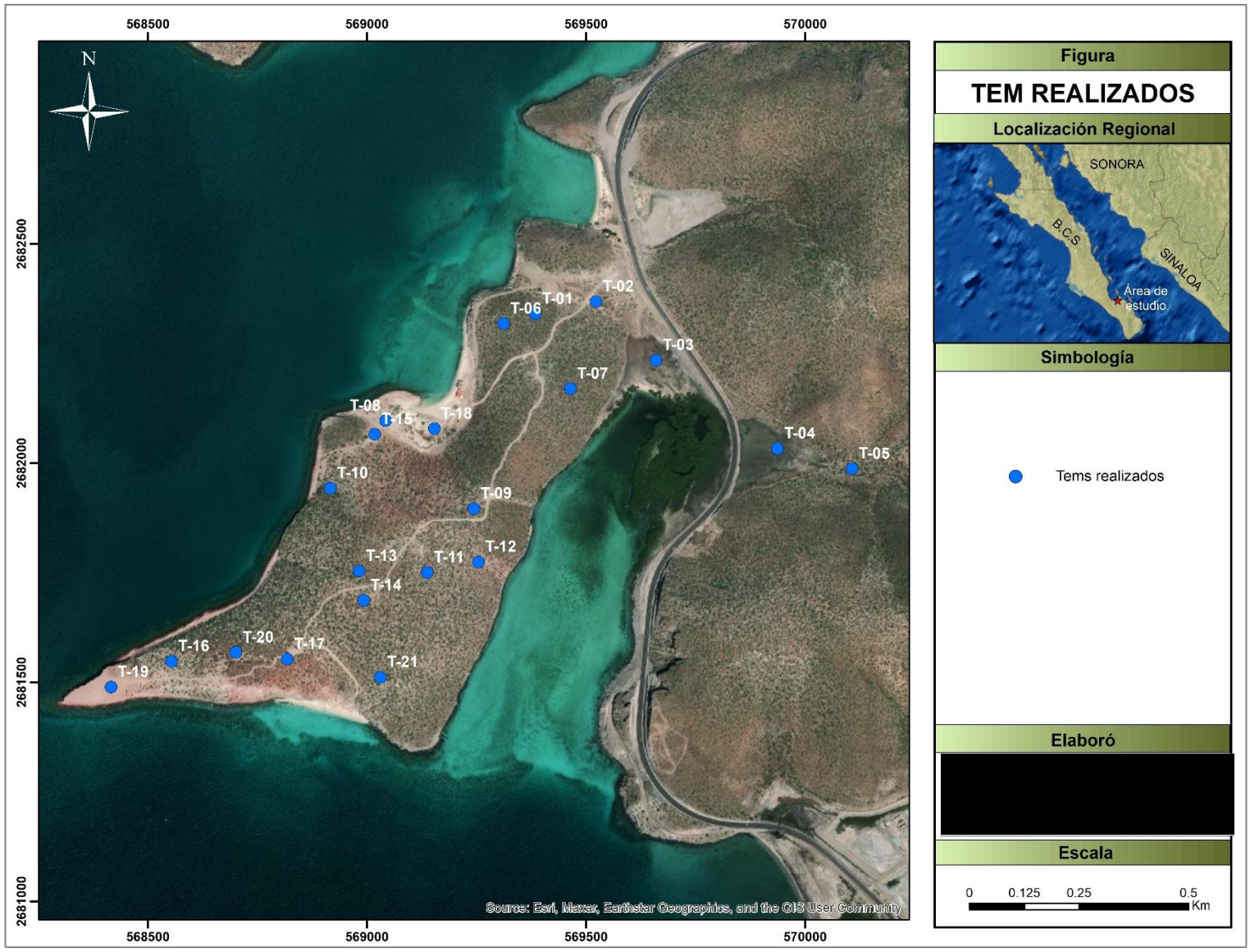


Figura 6.2. Mapa de distribución de TEM´S exploratorios realizados en campo.

6.2. Unidades Resistivas.

Una vez obtenida y verificada la información de campo, se inició el trabajo de gabinete el cual consistió en la corrección de los datos geofísicos y elaboración de modelos de curvas de resistividad aparente a partir de los cuales se generaron los perfiles y planos de resistividades, de los cuales se interpretaron las unidades resistivas existentes en el área de estudio, las cuales se presentan a continuación.

La resistividad eléctrica es un parámetro que varía entre otras cosas por el contenido de agua en las rocas. En términos generales se considera que los materiales rocosos contendrán más agua mientras mayor sea el fracturamiento de estas. Hablando en términos de resistividad se considera que los materiales rocosos que no contienen agua son sanos, es decir presentan escaso fracturamiento, tienen valores resistivos altos; conforme aumente el fracturamiento en los materiales rocosos menor será el orden de los valores resistivos

Es importante establecer que las interpretaciones generadas en este trabajo se sustentan principalmente en el conocimiento previo de las condiciones hidrogeológicas y estructurales regionales, por lo que la correlación de los rangos de resistividad con el grado de fracturamiento de cada unidad resistiva puede eventualmente estar sujeta a verificación mediante un estudio estructural a semi-detalle en el sitio, con el fin de dar mayor certidumbre.

Con base en el conocimiento de la geología local y regional, en experiencias previas de trabajos geofísico-hidrogeológicos, y en la caracterización de las unidades resistivas en el subsuelo, es posible llevar a cabo interpretaciones que permitan inferir el sistema estructural e hidrogeológico, proponiendo sitios de interés para llevar a cabo una exploración hidrogeológica directa. La distribución de resistividades obtenidas en el subsuelo dentro del área de estudio, permiten identificar un total de 5 unidades resistivas generales, de las cuales presentan rangos de variación internos, por lo que a su vez se delimitaron varias divisiones dentro de ésta (Figura 6.3).

UNIDAD RESISTIVA		INTERVALO RESISTIVO	CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS	
U1		Variable	Relleno superficial, suelo y materiales no saturados	
U2	a	5 a 30	Secuencia Volcanoclástica TmAr-Cgo	Arenisca-conglomerado oligomíctico
	b	<5		Intrusión Salina
U3	a	<5	Brecha Volcanica TmBvA-Cgo	Andesita-Fracturamiento alto
	b	5 a 20		Fracturamiento Moderado
	c	> 20		Brecha y conglomerado volcánico.
U4	a	<10	Unidad Volcanosedimentaria To Ar-Cgp	Areniscas
	b	10 a 30		Conglomerado Polimíctico
	c	> 30		Aarenisca-Conglomerado Polimíctico
U5		> 80	Basamento Rocoso	KsGr (Granito).

Figura 6.3. Unidades geoeléctricas (Ω*m) interpretadas en el área de estudio**.**

Lo que el desarrollo e interpretación de estos perfiles resistivos ofrece como resultado cuantitativo únicamente son valores de resistividad del subsuelo, y no es posible obtener valores de otros parámetros tales como porosidad de la roca, o contenido mineralógico; aun así, se pueden realizar inferencias y modelos de ciertas condiciones geológicas y calidad de agua. Por su parte, el método geofísico utilizado (TEM), identifica las estructuras en los puntos de interrupción de las anomalías resistivas, al ser éstas las que definen la presencia de los materiales compactos y sanos.

La interrupción en la alta resistividad puede ser producto de la presencia de una discontinuidad por la cual ha podido circular agua y ha disuelto parte del material, dejando incluso depósitos arcillosos en las juntas lo que hace disminuir la resistividad y definir así la presencia de la estructura.

De acuerdo con la reinterpretación de las exploraciones geofísicas y las evidencias de campo, que la geología está constituida, en su porción superior, por sedimentos aluviales y fluviales depositados tanto en los subálveos de los arroyos como en la planicie costera; la porción inferior se aloja en rocas volcánicas y vulcanoclásticas fracturadas. Con esta información ha sido posible definir un basamento irregular, sobre el que se han depositado 3 unidades geohidrológicas: sedimentos gruesos y areno-arcillosos, rocas volcánicas y piroclásticos y rocas pertenecientes al complejo ígneo-metamórfico. De éstas, únicamente tienen importancia geohidrológica y constituyen acuíferos los depósitos de la primera unidad y, en menor escala, los materiales volcánicos (aglomerados y tobas).

Las unidades geoeléctrica interpretadas son las siguientes:

- **Unidad U1:** Representa las resistividades más sub-superficiales en la mayoría de los perfiles, tiene un espesor variable y sus rangos de resistividad que van desde los 5 Ω*m hasta mayores de 100 Ω*m. Representa unidades de suelo y sedimentos de granulometría muy variada, generalmente no consolidados ni saturados.

- **Unidad U2:** Esta unidad está representada por una secuencia volcanoclástica de conglomerado oligomíctico que consiste de fragmentos de rocas andesíticas y basálticas en una matriz de arena, Con base a las condiciones resistivas y su eventual asociación a la granulometría de los sedimentos, esta unidad se dividió en 2 sub-unidades
  - **sub-unidad U2a:** representa paquetes de roca volcanoclástica predominantemente andesita en matriz arenosa cuyas resistividades están entre 20 y 30 Ω*m.
  - **sub-unidad U2b:** representa la roca volcaniclásticas con fracturamiento y presenta intrusión salina cuyas resistividades están entre <10 Ω*m.

- **Unidad U3:** Está caracterizada por una brecha volcánica de composición andesítica y conglomerado oligomíctico. La unidad consiste de brecha soportada por matriz o clastos. Parcialmente varia a conglomerado. Y la cual se encuentra intercalada con la unidad anterior.
  - **sub-unidad U3a:** presenta un rango de resistividades <5 Ω*m, y se interpreta con una andesita con fracturamiento alto.
  - **sub-unidad U3b**: se asocia resistividades mayores a 5 a 20 Ω*m, que se interpreta con un fracturamiento moderado.
  - **sub-unidad U3c**: se asocia resistividades mayores a 20 Ω*m, que se interpreta a la brecha-conglomerado volcánico.

- **Unidad U4:** Está caracterizada por una unidad Volcanosedimentaria por arenisca-conglomerado polimíctico, conglomerado polimíctico y areniscas. Matriz escasa compuesta por arenas y arcillas.
    - **sub-unidad U3a:** presenta un rango de resistividades <10 Ω*m, y se interpreta con una arenisca.
    - **sub-unidad U3b**: se asocia resistividades mayores a 10 a 30 Ω*m, que se interpreta por un conglomerado polimíctico.
    - **sub-unidad U3c**: se asocia resistividades mayores a 30 Ω*m, que se interpreta a la arenisca-conglomerado polimíictico.

- **Unidad U5:** Está caracterizada por intrusivo granítico con resistividades > 80 Ω*m

6.3. Perfiles de Resistividad

Los rangos de valores de resistividad utilizados para definir las diferentes unidades resistivas no necesariamente son fijos, ya que, al momento de la interpretación, y de acuerdo con su distribución en los perfiles, éstos pueden llegar a tener variaciones.

Asimismo, los contactos entre diferentes materiales se identifican en la zona de inflexión, entre los valores más altos y más bajos, o a la profundidad donde los valores en el TEM se mantienen repetitivamente; estos cambios o particularidades de resistividad marcan cambios en las condiciones de granulometría o litologías en el subsuelo. Por su parte, este método geofísico (TEM), identifica las estructuras en los puntos de interrupción de las anomalías resistivas, al ser éstas las que definen la presencia de los materiales compactos y sanos. La interrupción en la alta resistividad puede ser producto de la presencia de una discontinuidad por la cual ha podido circular agua y ha disuelto parte del material, dejando incluso depósitos arcillosos en las juntas lo que hace disminuir la resistividad y definir así la traza de una estructura, o bien, la presencia de una caverna (Figura 6.4).

En resumen, en el área de estudio la geología está constituido por un acantilado y una playa rocosa, esta última se ubica hacia la parte norte. La característica principal de estos dos rasgos morfológicos del relieve es el tono rosado de la toba riolítica que se encuentra en la base del afloramiento. Encima de esta roca aflora una secuencia de areniscas y conglomerados, de color gris con tonos de color café. Los conglomerados presentan clastos de diferente tamaño, los clastos son fragmentos de basaltos y andesitas.

En este lugar, se observan dos tipos de procesos geológicos, uno de ellos es la erosión o desgaste de la roca por la acción del oleaje, este proceso da origen al acantilado. Otro es el transporte de los fragmentos de roca por el oleaje del mar va desgastando las formas angulosas, puliéndolas paulatinamente dando como resultado formas más redondeadas y lisas.

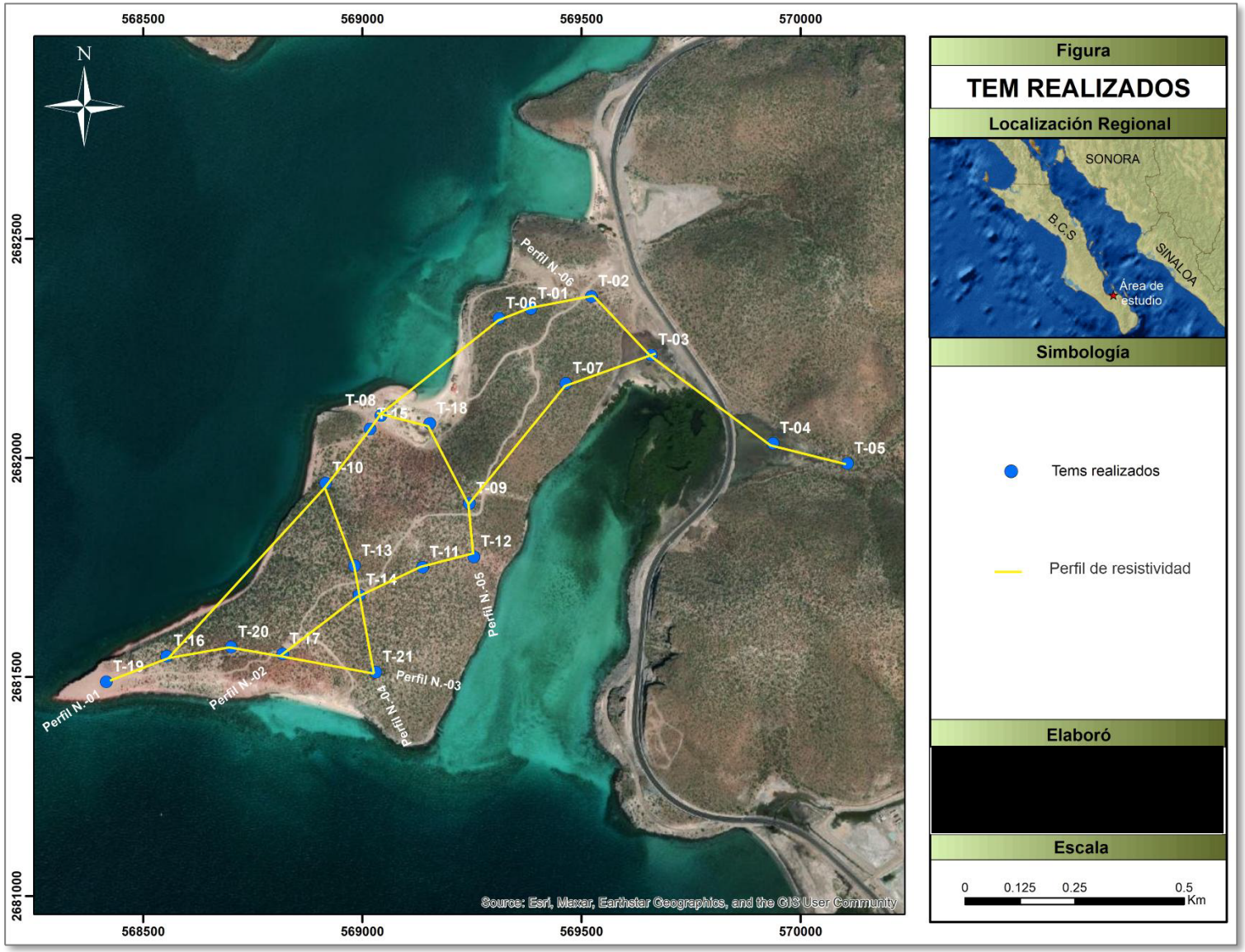


Figura 6.4. Localización de los perfiles resistivos en el área del proyecto Punta La Paz.

6.3.1. Perfil de resistividad N. 01

Este perfil fue construido a partir del análisis de los 8 TEM desarrollados en el área, tiene una orientación SW-NE (T-19, T-16, T-10, T-15, T-08, T-06, T-01 y T-02) y con una longitud de 1.5 km (Figura 6.5).

La unidad U1 se tiene a lo largo de la porción más superficial del perfil, con un espesor promedio de unos 5 m y con resistividades que van desde 10 hasta 120 Ω*m lo que muestra su variabilidad en compacidad y por ende permeabilidad. Cabe señalar que cuando se habla de permeabilidad de las capas no es en términos de expresión hidráulica, sino únicamente como propiedad física que conceptualmente define la oportunidad que brinda la roca para almacenar o permitir el paso de un fluido.

La Unidad 2 presenta resistividades de 5 a 30 Ω*m. Donde La sub-unidad U2a se identificó como un cuerpo lenticular en el subsuelo con resistividades de 20 a 30 Ω*m, presentando un espesor máximo de 30 m en la parte suroeste en los sondeos T-19 y T-16. la **sub-unidad U2b que presenta resistividades menores a 5 Ω*m, esta se presenta con un espesor de 40 m, a partir de una elevación de 10 a 70 m b.n.m. y se caracteriza por presentar la zona con intrusión salina.**

La unidad U3, presenta resistividades de 5 a 20 Ω*m, donde la sub-unidad U3a es caracterizada por presentar un fracturamiento alto y un rango de resistividad menor a 5 Ω*m, se puede apreciar en los sondeos T-15, T-08 y T-02 con un espesor promedio de 50 m, la **sub-unidad U3b presenta un fracturamiento moderado** con resistividades de 5 a 20 Ω*m, y se puede apreciar a lo largo de todo el perfil, con un espesor de 80 m en el sondeo T-10, **en esta unidad, en caso de resolver realizar pozos para ejecutar pruebas hidráulicas se proponen 2 sitios con objetivo de pozos de extracción (T-01 y T-10).**

La sub-unidad U3c solo se observa en el sondeo T-06 con un espesor de 20 m y resistividades de 30 Ω*m.

La unidad U4 se caracteriza por resistividades de entre los 10 a 80 Ω*m. La unidad U5 se identificó en los sondeos T-15 y T-08 en la porción basal, caracterizado por un rango resistivo mayor de 80 Ω*m con un fracturamiento moderado, delimitando la fosa.

Hacia la porción suroeste en el sondeo T-10 se puede apreciar el límite de la fosa caracterizada por la sub-unidad U4c que presenta un fracturamiento moderado-bajo. Con resistividades de 40 a 80 Ω*m.

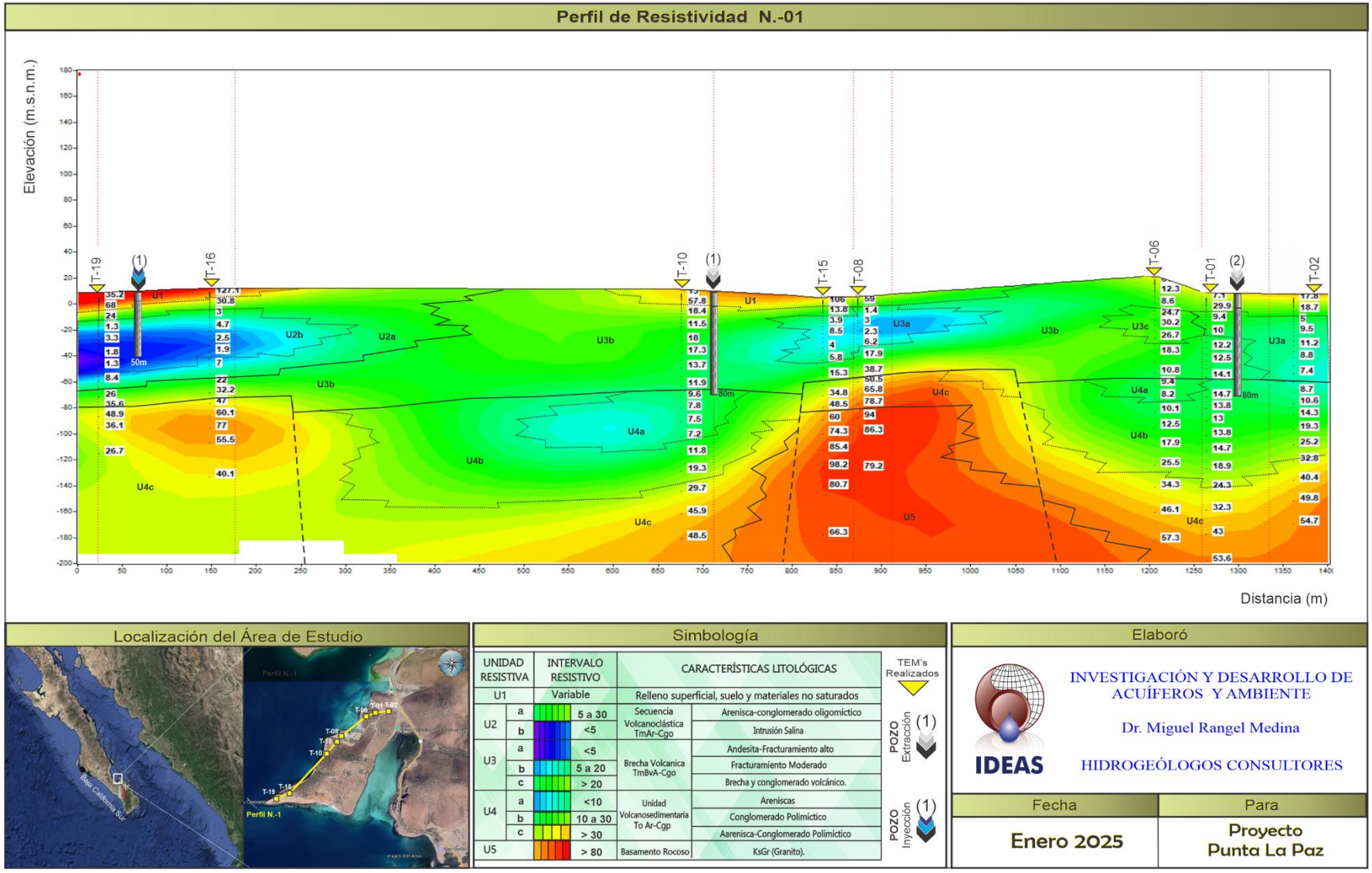


Figura 6.5. Perfil resistivo N.-01.

6.3.2. Perfil de resistividad N. 03

Este perfil fue construido a partir del análisis de 5 sondeos TEM (T-19, T-16, T20, T-17 y T-21), tiene una orientación general W-E y una longitud de 500 m (Figura 6.6). La interpretación general de este perfil sugiere la presencia de un basamento conglomerático dominando en el subsuelo, con el desarrollo de cierto grado de fracturamiento a profundidad.

La unidad U1 se tiene en la porción más superficial del perfil, y se representa como una capa resistiva muy delgada menor a los 5 m con valores entre 30 y 140 Ω*m. caracterizados por suelos y materiales no saturados.

La unidad U2 tanto sus sub-unidades se muestran en todo el perfil, donde se puede apreciar la sub-unidad U2b caracterizada por un lente lenticular, con un rango de resistividad entre de 1 a 5 Ω*m, presentando un espesor máximo de 50 m en el sondeo T-20 acuñándose hacia la porción oeste, la cual presenta un espesor de 40 m en el sondeo T-19.

En esta zona se aprecia la presencia de **intrusión salina,** y es en donde se encuentran para perforar dos de los mejores sitios. Igualmente, **se proponen si es de interés confirmar con pozos de pruebas hidráulicas y verificar la capacidad hidráulica para aceptar inyección de agua de descarga.** Estos se ubican aproximadamente a 1 km al suroeste del Estero Puerto Gato.

Se puede observar que la sub-unidad U2a se encuentra englobando la sub-unidad U2b, donde presenta espesores sub-superficial de 20 m con resistividades de 11 a 60 Ω*m por debajo de la sub-unidad U2b se encuentra con un espesor de 20 m y con resistividades de 11 a 28 Ω*m. y en el sondeo T-21 presenta un espesor 60 m con resistividades de 10 a 40 Ω*m.

La sub-unidad U3c se presenta a partir de los 70 m de profundidad a una elevación de 60 m.b.n.m. presenta resistividades de entre 12 a 26 Ω*m y un espesor de 20 m del sondeo T-10 al T22 y disminuye su espesor considerablemente hacia la porción oeste con un espesor 20 m.

La unidad U4 se identificó a partir de 90 m de profundidad con resistividades de 40 a 80 Ω*m. presenta un espesor de 120 m, a partir de una elevación de 80 m.b.n.m. la unidad U5 solo se aprecia en el sondeo T-20 con resistividades mayor de 80 Ω*m

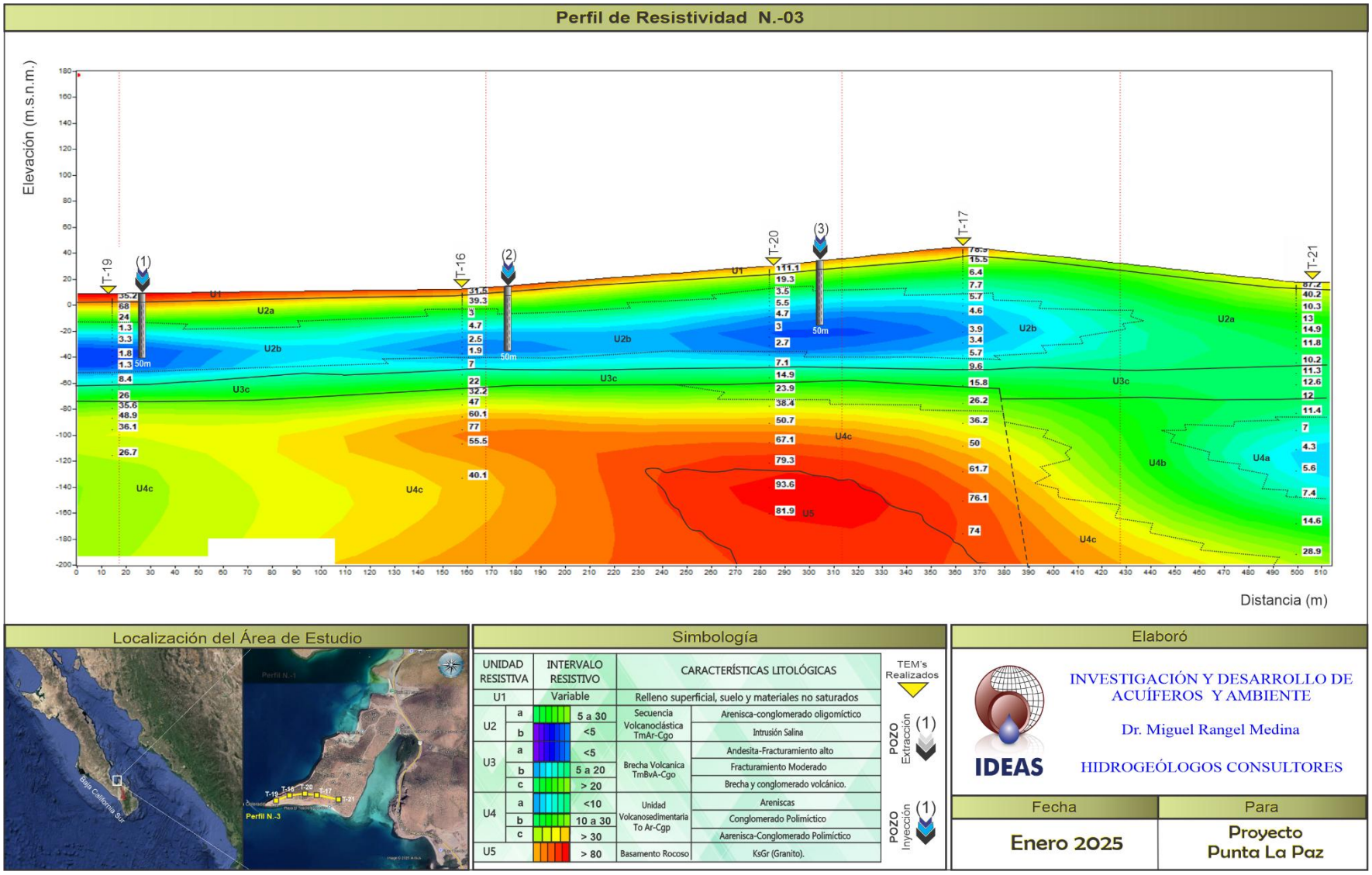


Figura 6.6. Perfil resistivo N.-03.

6.3.3. Perfil de resistividad N. 06

Este perfil fue construido a partir del análisis de 4 sondeos TEM (T-02, T-03, T-04 y T-05), tiene una orientación general NW-SE y una longitud de 700 m (Figura 6.7). La interpretación general de este perfil sugiere la presencia de un basamento conglomerático dominando el subsuelo, con el desarrollo de cierto grado de fracturamiento a profundidad.

La unidad U3 se encuentra ampliamente distribuida en el área. Se caracteriza por presentar resistividades de 3 a 20 Ω*m, Donde la sub-unidad U3a es caracterizada por presentar un fracturamiento alto y presentan un rango de resistividad menor a 5 Ω*m, se puede apreciar en los sondeos T-02, T-03 y T-04 con un espesor promedio de 50 m.

La sub-unidad U3b presenta un fracturamiento moderado con resistividades de 5 a 20 Ω*m, y se puede apreciar a lo largo de todo el perfil, con un espesor de 80 m en el sondeo T-05.

La Unidad U4 se observa en la parte del basamento con resistividades de 10 a 80 Ω*m. donde la sub-unidad U4b se observa con resistividades de 10 a 24 Ω*m. con un espesor de 40 m en el sondeo T-02 a partir de una elevación de 70 m b.n.m. y presenta un espesor de 20 m en el resto de los sondeos. La sub-unidad U4c es la más resistiva con valores de 30 a 70 Ω*m, con un espesor de 80 m a partir de una elevación de 100 m.b.n.m. La unidad U5 se observa en el sondeo T-04 con resistividades mayor a 80 Ω*m.

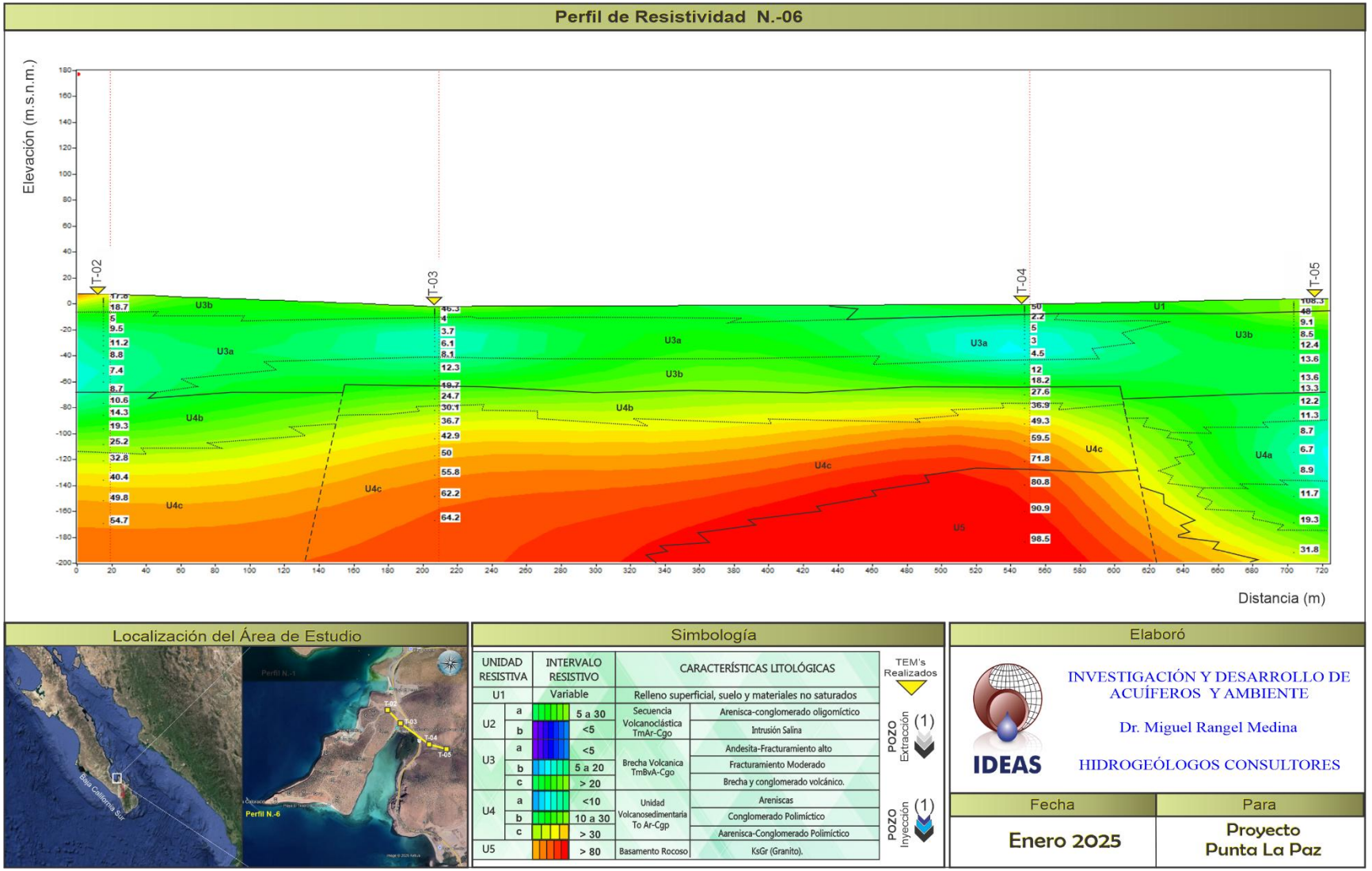


Figura 6.7. Perfil resistivo N.-6.

6.4. Perfiles geoeléctricos.

A partir de la distribución de los TEM en la zona estudiada, se describe su interpretación geoeléctrica de los perfiles de resistividad. Además, se identifica la localización de los sitios propuestos para el desarrollo de exploración directa.

6.4.1. Perfil Geoeléctrico N. 01

Las características generales para las unidades geoeléctricas se agruparon en tres grupos: A) rocas del basamento, B) rocas volcánicas, C) rocas sedimentarias y depósitos sedimentarios recientes. La descripción hace énfasis principalmente en las rocas que se encuentran en el área de estudio, con una profundidad máxima de 200 m. (Figura 6.8).

La Unidad 2 está caracterizada por una secuencia volcanoclástica, A esta toba riolítica Aranda-Gómez y Pérez-Venzor, la han nombrado de manera informal toba El Caimancito, la cual se caracteriza por contener una toba muy pumicitica, con presencia de algunos depósitos (lentes) pequeños de conglomerado y arenisca. Dentro de esta unidad se tiene una zona fracturada arenosa la cual permite el paso de la intrusión salina que se aprecia en los sondeos T-19 y T-16 el cual presenta un espesor de 50 m y penetrando a 300 m al continente. La intrusión marina existe de manera natural en el medio permisivo.

La unidad U3 son las brechas volcánicas, que se encuentra ampliamente distribuidas en el área. Se caracteriza por ser conglomeráticos formada por fragmentos de rocas de origen ígneo extrusivo de composición basáltica y andesítica. Esta unidad presenta un espesor de 80 m, se interpreta que la zona cuenta con granulometría más fina o fracturada, la cual puede permitir el paso del agua subterránea.

La unidad U4 se caracteriza por una secuencia vulcanosedimentaria de areniscas conglomeráticas donde se aprecian en la parte basal del perfil rellenando las fosas. Esta unidad se aprecia un estrato más uniforme con un espesor de 120 m, a partir de una elevación de 80 m.b.n.m. al igual que la unidad anterior se tiene una granulometría fina o fracturada la cual puede ser atractiva desde el punto de vista hidrogeológico, en términos de probable baja capacidad hidráulica, representativa de este tipo de materiales.

La unidad U5 se identificó en los sondeos T-15 y T-08 en la porción basal, caracterizado por un basamento granodioritico según su rango resistivo tiene valores mayores a 80 Ω*m con un fracturamiento moderado delimitando la fosa.

Con el mismo criterio de primero realizar pruebas hidráulicas en barrenos o pozos, se ubicaron en este perfil un sitio de inyección en el sondeo **T-19 (N.-1) a una profundidad de 50 m,** con el objetivo de cortar la secuencia volcanoclástica que presenta intrusión salina y probablemente sea la zona más fracturada del conglomerado. También se proponen 2 sitios **para pozos de extracción en los sondeos T-10 y T-01 a una profundidad de 80 m con el objetivo de cruzar la zona con granulometría más fina o fracturada, de las unidades U3 y U4.**

La ubicación de **pozos de extracción se recomienda con fines de estudio,** vale considerar que se debe obtener la autorización correspondiente de la Conagua para estudiar el acuífero y **existe baja probabilidad de obtener concesiones** de derechos de agua subterránea **o permisos de inyección de agua de rechazo**. Más importante es que técnicamente todos los datos obtenidos **sugieren que existe baja capacidad hidráulica** de **los materiales geológicos** y se define el improbable sostenimiento del volumen necesario para contar a largo plazo con agua subterránea para el abastecimiento del proyecto.

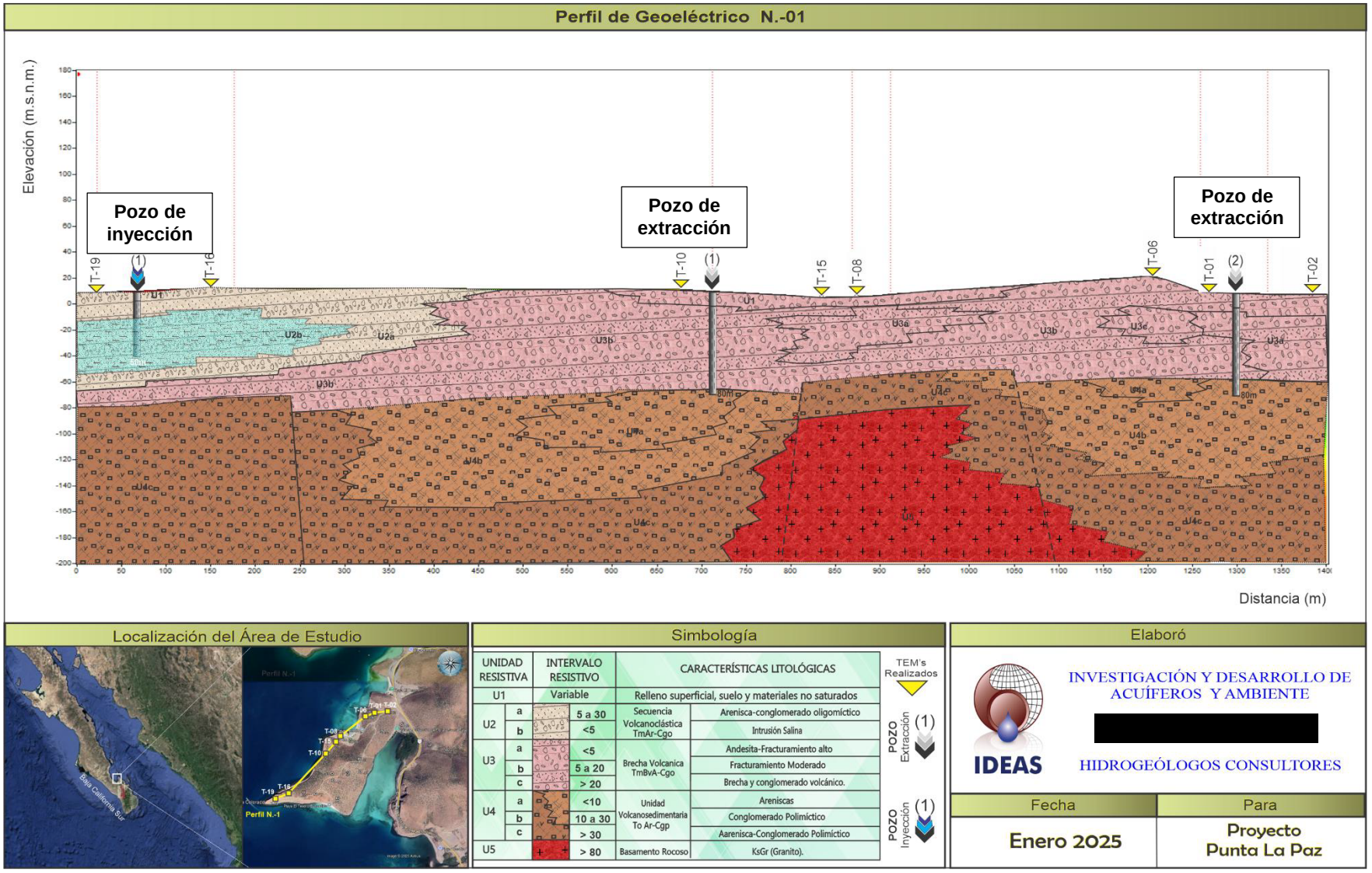


Figura 6.8. Perfil geoeléctrico N.-10.

6.4.2. Perfil Geoeléctrico N. 03

Al igual que el perfil geoeléctrico anterior (Figura 6.9) la interpretación es similar con estudios previos y con las evidencias de campo. Los sondeos electromagnéticos (TEM) realizados definen que un acuífero freático se aloja en los sedimentos fluvio-aluviales, que han sido transportados por los escurrimientos superficiales y depositados en los cauces de los arroyos y en la planicie costera, y estratigráficamente en la secuencia volcanosedimentaria que constituye un medio rocoso fracturado.

En este perfil geoeléctrico se muestran los conglomerados volcanoclásticos gruesos de la Unidad U2, se pueden apreciar a lo largo de todo el perfil con un espesor de 70 m. Dentro de esta unidad se intercala una zona con granulometría más fina o fracturada que se caracteriza por ser una zona con intrusión salina cuyo espesor es de 40 m.

También se aprecia un estrato uniforme, caracterizado por la unidad U3 conglomerática de composición basáltica y andesítica. Presenta un espesor de 20 m a lo largo del perfil a partir de una elevación de 60 m.b.n.m. Por debajo de esta unidad se encuentra la unidad U4 que es una secuencia volcanoclástica de conglomerados oligocenos que se encuentran de manera interdigitada como un cambio de facies estratigráfico en capas, este conglomerado polimíctico está conformado por fragmentos de rocas metamórficas y graníticas del tamaño de las gravas. Finalmente, toda la secuencia descansa sobre el basamento rocoso de la unidad U5, que en el sondeo T-20 se encuentra a una profundidad de 160 m.

En este perfil se definen **3 sitios para pozos, que pueden ser perforados para pruebas de inyección en caso necesario. Los sitios son en los sondeos T-19 (N.-01), T-16 (N.-02) y el sondeo T-20 (N.-03) a una profundidad de 50 m, en donde se cortaría la secuencia volcanoclástica de granulometría más fina y probablemente la zona más fracturada del conglomerado.**

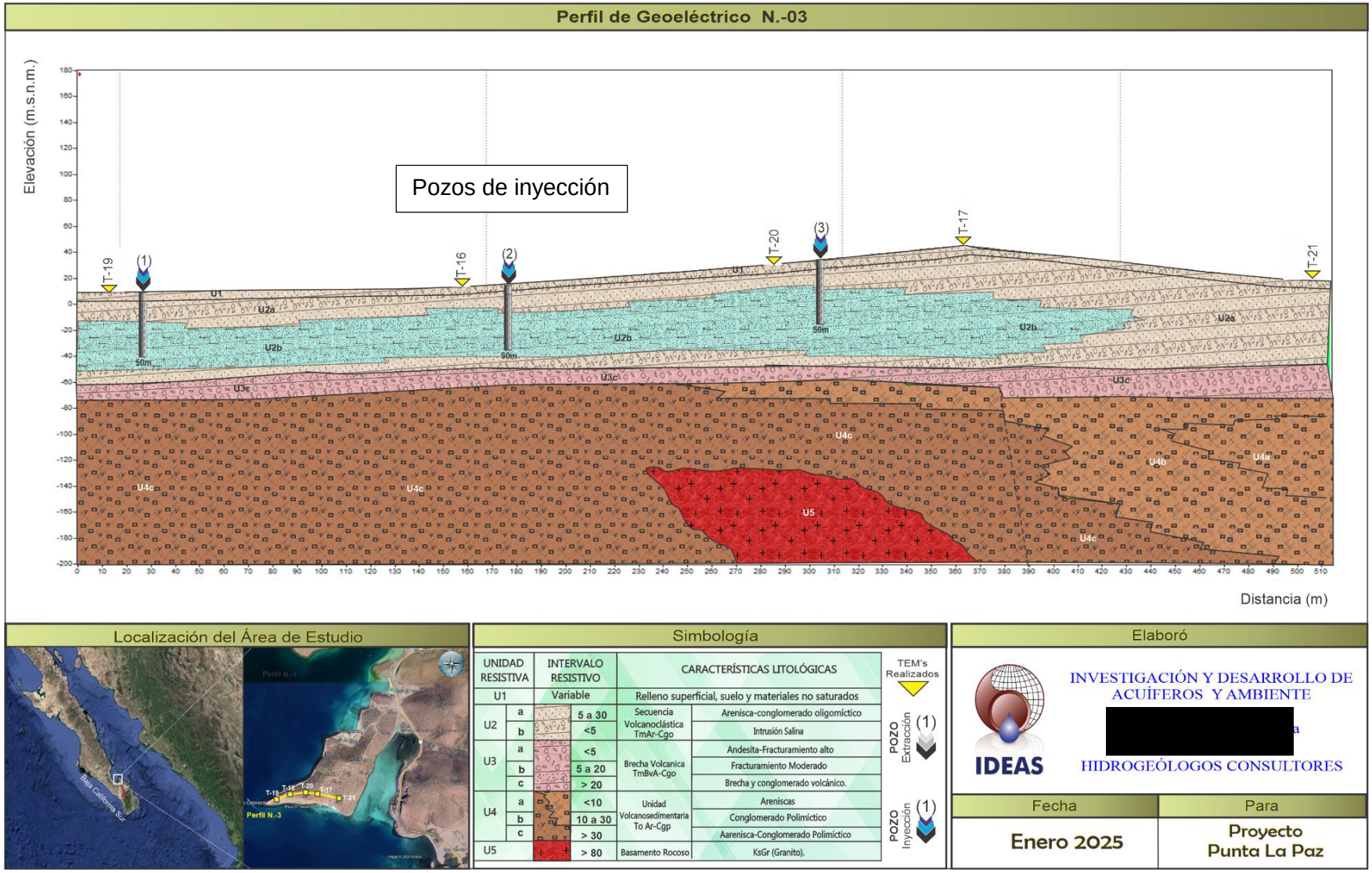


Figura 6.9. Perfil geoeléctrico N.-03.

6.4.3. Perfil Geoeléctrico N. 06

Este perfil se encuentra en la porción norte, el alcance máximo en profundidad es de 200 m. En la interpretación geoeléctrica (Figura 6.10), continúa considerándose esta zona como las brechas volcánicas, que se encuentran ampliamente distribuidas en el área. Se caracteriza por contener fragmentos conglomeráticos de rocas de origen ígneo extrusivo de composición basáltica y andesítica.

La interpretación geoeléctrica en este perfil presenta espesores de 70 m de la unidad U3, con su resistividad del subsuelo, las características litológicas son susceptibles de saturarse y permitir el paso del agua con facilidad. Si bien se observa integrada por una sucesión de horizontes y capas de materiales permeables, con variaciones en su granulometría de media a gruesa y espesores que van de 20 a 70 metros, que constituyen la sub-unidad U3a sobre la cual se encuentra el estero Puerto Gato.

La Unidad U4 caracterizada por una secuencia volcanoclástica de conglomerados oligocenos que se encuentran de manera interdigitada, se tienen capas de conglomerado polimíctico conformado por fragmentos de rocas metamórficas y graníticas del tamaño de las gravas, se puede observar que en el sondeo T-05 nos indica un sistema de falla normal se encuentra limitando una fosa hacia la porción este, nos indica un fracturamiento alto a moderado con un espesor de 60 m, la cual puede ser atractiva desde el punto de vista hidrogeológico.

La unidad U5 se observa en el sondeo T-04 caracterizado por un basamento granodioritico formando una barrera hidrológica a la porción Este del perfil.

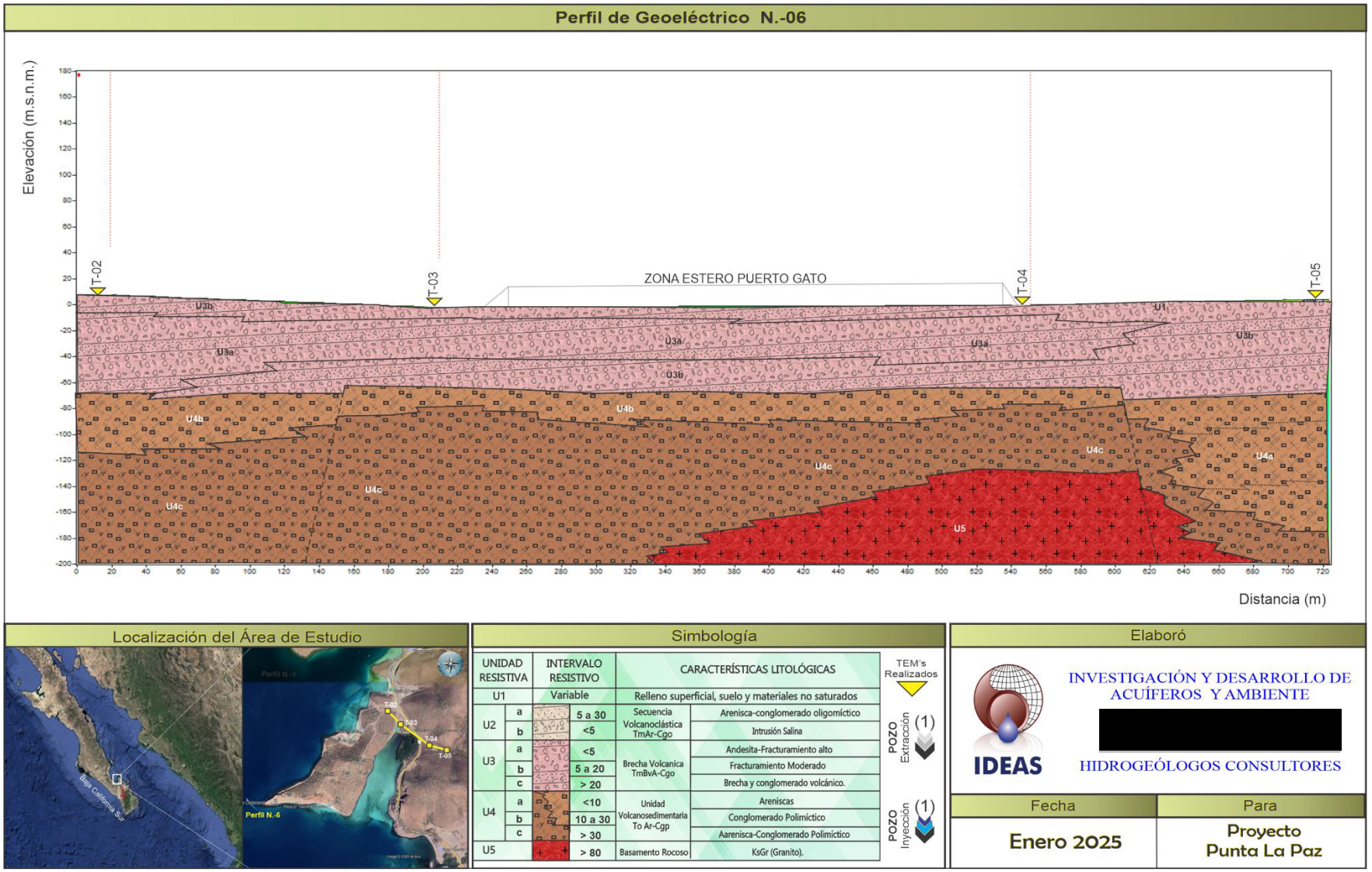


Figura 6.10. Perfil geoeléctrico N.-06.

6.5. Condiciones hidroestructurales.

Los perfiles resistivos son reflejo de representar las condiciones de permeabilidad de los materiales en el subsuelo a partir de los valores obtenidos en los sondeos y se pueden expresar igualmente en forma espacial con la proyección de los valores de las resistividades en planos a diferentes elevaciones (m.s.n.m.), el objetivo es visualizar en forma extendida sobre el área estudiada la distribución de las resistividades bajo la superficie.

Desde el punto de vista hidroestructural el concepto se refiere a aquellos alineamientos que muestran los principales eventos que han fracturado las rocas y dejaron debilidades por donde el agua puede circular, estas son fallas normales con rumbo NW con echados al NE y SW y algunas componentes con rumbo NE-SW.

El aspecto hidroestructural es complejo sobre todo en las inmediaciones de la playa el Tesoro y el Estero puerto Gato, donde existen varios periodos de deformación, entre los que están las fallas de bajo ángulo parcialmente cizalladas, lo que probablemente sugiere que exista flujo subterráneo que intercomunica al estero Puerto Gato con la Playa Tesoro, aproximadamente entre la elevación 20 m.b.n.m. (Figura 6.11).

En la misma Figura 6.11, se observan tres entradas con dirección al continente. Una entrada ubicada sobre el sondeo T-19 al suroeste del predio, la segunda se encuentra ubicada sobre el sondeo T-08 al oeste del predio, la tercera entrada se encuentra ubicada sobre el sondeo T-02 y T-03 ubicada entre la Playa el Tesoro y El Estero el Gato, lo que indica una posible zona de comunicación de flujo subterráneo entre ambas zonas.

El hecho de que la zona de estudio se encuentra ubicada sobre una margen continental que ha sido afectada por varios procesos de convergencia y divergencia, dio origen a la formación de las fosas tectónicas, con orientación NW-SE que modelaron de esta manera un relieve peninsular gobernado por bloques escalonados, con sensible basculamiento hacia el poniente y fallas laterales dextrales, que se le asocia a la intrusión de estructuras tabulares (diques) de diferente composición.

Las fronteras al flujo subterráneo y el basamento hidrogeológico están conformadas por las mismas rocas volcánicas y volcanosedimentarias, a mayor profundidad desaparece el fracturamiento en las rocas del complejo ígneo-metamórfico.

El movimiento del agua subterránea por el medio granular está controlado por las variaciones de permeabilidad de los diferentes depósitos sedimentarios, a diferencia de las rocas fracturadas citadas, en donde el medio fracturado define la trayectoria del flujo, ya que su circulación depende del patrón de fracturas y fallas, así como de la configuración de los bajos estructurales en el subsuelo, lo que hace su tránsito muy aleatorio.

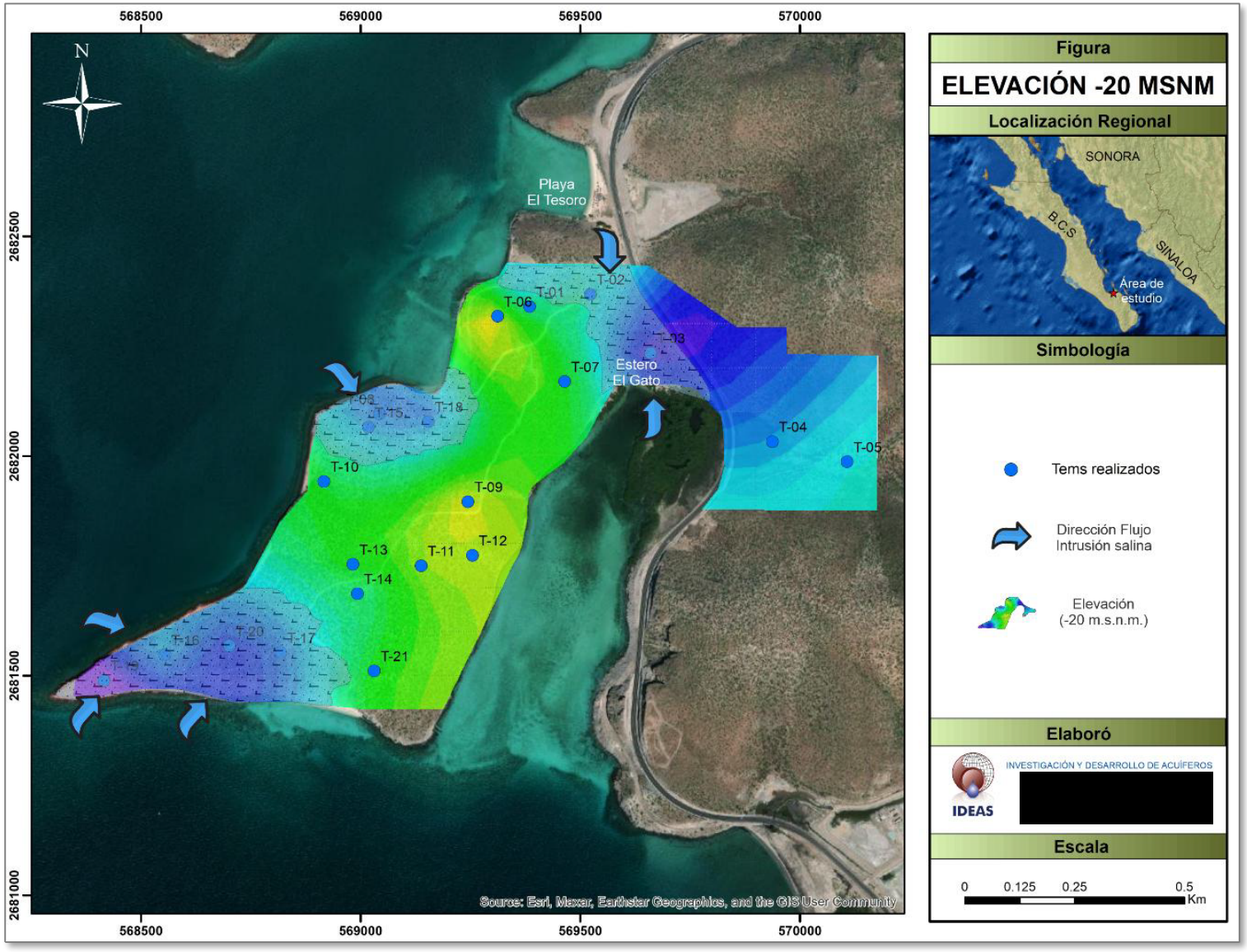


Figura 6.11. Plano de elevación -20 m.s.n.m. con dirección de flujo de intrusión salina**.**

En el plano de elevación resistiva (80 m.b.n.m.), se representa una serie de estructuras y/o lineamientos regionales inferidos, a partir del análisis se muestra un sistema de estructuras con orientación preferencial NW-SE, las cuales se ven afectadas por estructuras más jóvenes de orientación NE-SW, como se puede apreciar en la Figura 6.12.

La distribución de sus lineamientos, presenta un patrón orientado NW-SE. Sin embargo, en un análisis más minucioso se puede ver que el comportamiento estructural es más complejo que esto. No obstante, es posible observar que la definición de los patrones del escurrimiento y flujo subterráneo son influidos notoriamente por este sistema estructural.

Como respuesta a este elemento estructural se ha generado fracturamiento y distintas bifurcaciones dentro de las cuales el conjunto de fallas presentes en el área de estudio ha dado origen al bajo estructural el cual permite un flujo subterráneo a partir de la elevación (80 m b.n.m.). Los materiales terrígenos de origen volcánico como brechas y conglomerados. Esta secuencia presenta como base una capa volcánica poco permeable, que ocasiona condiciones de semiconfinamiento en los materiales de origen volcánico que la subyacen.

Otro punto importante que debe hacerse notar es la disposición de los pozos de estudio propuestos en este trabajo, los cuales se encuentran distribuidas en el área, dentro de la **zona de influencia de las estructuras NW-SE, en los sondeos T-01, T-10, T-09, T-12 y T-21 y el estudio deberá ayudar a comprobar dos hipótesis interesantes como:**

a) Se observa que la dirección preferencial del flujo subterráneo es hacia el Oeste,
b) Desde el Este se define una frontera hidráulica impermeable que evitaría afectaciones por bombeo al Estero Puerto Gato.

Los sitios propuestos, se localizaron donde los colores verde-azul predominan, en la gama utilizada corresponde con las resistividades que indican que se asocian con una granulometría dominantemente arenosa, caracterizada por la sub-unidad U3b.

.

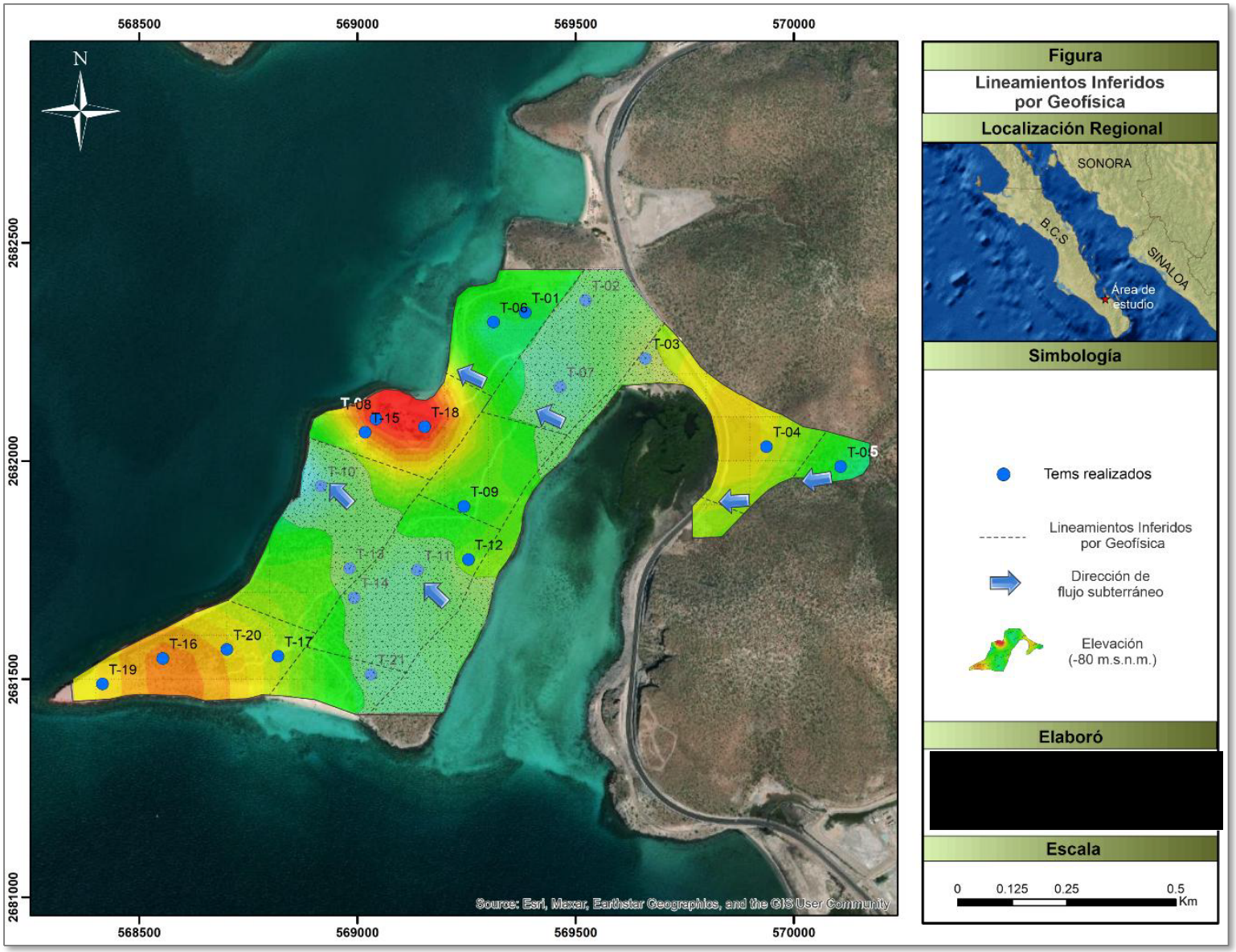


Figura 6.12. Plano de elevación -80 m.s.n.m. con lineamientos inferidos por geofísica.

6.6. Sitios propuestos para pozos

Para interpretar los perfiles resistivos en esta zona se llevó a cabo la asociación entre las unidades sedimentarias y el tamaño de granulometría que presentan las unidades, por lo que la unidad U3b presenta valores resistivos que se han asociado a un fracturamiento moderado alto, se convierten eventualmente en la Sub-unidad con las características más atractivas por sus condiciones hidrogeológicas para el desarrollo de pozos, inicialmente de estudio.

Con base en la interpretación de los perfiles de resistividad la zona, se proponen un total de 8 sitios factibles para la perforación y de desarrollo de pozos, de los cuales 5 son para pozos de extracción y 3 para pozos de inyección, (Tabla 6.2 y Figura 6.13) se hace principalmente tomando en cuenta la profundidad de perforación y su posición con respecto a los sistemas de fallas y fracturas regionales.

Tabla 6.2. Coordenadas de sitios propuestos para el área de estudio.

Pozo Propuesto de Extracción					
POZO PROPUESTO	Nombre (ID)	(x) Este Longitud	(Y) Norte Latitud	(Z) Elevación (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD (metro)
N.-1	T-10	568916.63	2681942.61	12.12	80
N.-2	T-01	569384.99	2682340.82	9.06	80
N.-3	T-12	569254.44	2681774.37	38.96	140
N.-4	T-21	569031.22	2681511.43	18.22	100
N.-5	T-09	569244.42	2681896.28	42.04	140
Pozo Propuesto de Inyección					
POZO PROPUESTO	Nombre (ID)	(x) Este Longitud	(Y) Norte Latitud	(Z) Elevación (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD (metro)
N.-1	T-19	568415.59	2681489.24	9.57	50
N.-2	T-16	568553.92	2681547.69	12.92	50
N.-3	T-20	568701.11	2681568.25	30.82	50

Los sitios propuestos principalmente tienen como objetivos principales:

(1). - cortar la secuencia de sedimentos arenosa, de los primeros 20 metros de la secuencia volcanoclástica.

(2). - aprovechar la porción con fracturamiento moderado a alto de la secuencia volcanosedimentaria de los 80 m de profundidad; zonas de resistividades bajas (tonalidades verdes-azules en los perfiles resistivos), producto de la afectación de estructuras geológicas que se ubican en la región. Si bien el fracturamiento puede favorecer el paso de agua subterránea, cabe recordar que existe muy bajo volumen de infiltración potencial al subsuelo.

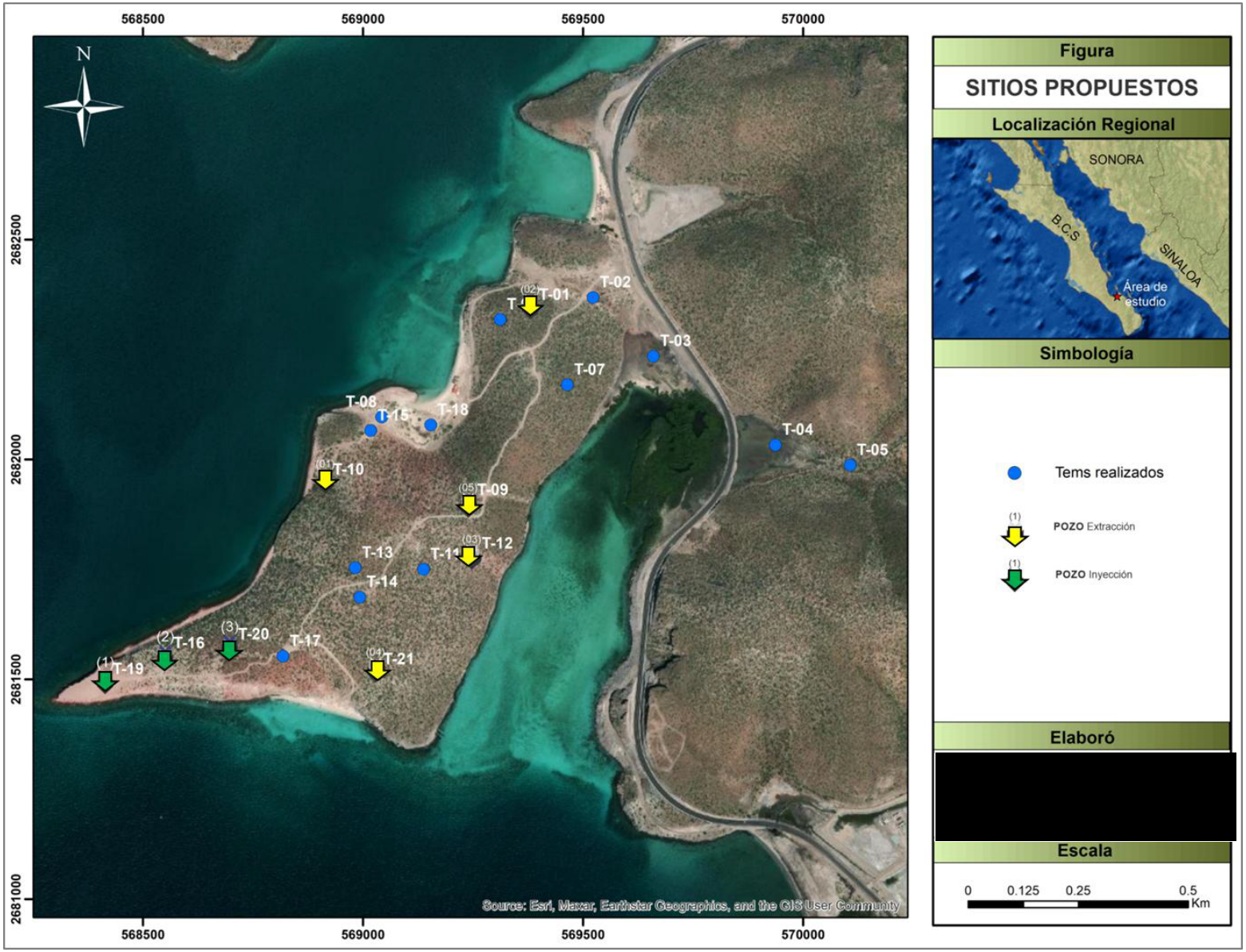


Figura 6.13. Sitios propuestos, para pozos de inyección y extracción.

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los estudios de línea base hidrológicos realizados determinan las principales características y condiciones actuales de los cuerpos de agua superficial y subterránea en el predio del proyecto Punta La Paz y su entorno, que verifica la condición actual del manglar y humedales previo a la implementación del desarrollo turístico. El proyecto se encuentra en la Región Hidrológica No. 6, Baja California Sureste cuenca hidrológica La Paz. El proyecto Punta La Paz queda ubicado en la cuenca hidrológica El Coyote la cual comprende desde el nacimiento del Arroyo Casas Viejas hasta su desembocadura en el Mar de Cortés, con un área de 274.49 km2, cuenta con un escurrimiento natural por cuenca propia de 3.875 millones de m3 anuales (DOF, 28 diciembre, 2023).

Hidrología Superficial.

El análisis histórico de la precipitación pluvial de la región muestra una variación interesante con relación a la presencia de sequías y precipitaciones máximas registradas para los últimos 60 años (Fuente: Conagua, 2025). Lo que, si bien demuestra la escasa interrelación con el medio superficial, igualmente alerta sobre amplios extremos entre años secos y lluviosos en el registro histórico. Con la información levantada por la estación climatológica La Paz, operada por Conagua y con 60 años de datos (1965-2024), se obtiene una precipitación media anual de 186.7 mm. Se aprecia que se han presentado años muy secos, con menos de 50 mm (1977, 1988, 1999, 2010-2011), pero en **5 de los 6 últimos años se rebasó la media anual del periodo analizado**. Y en dos de ellos **2017 y 2023 la precipitación superó en 2.8 veces a la media anual.** Y es importante destacarlo para que sea considerado en el diseño de la infraestructura hidráulica que controle el flujo.

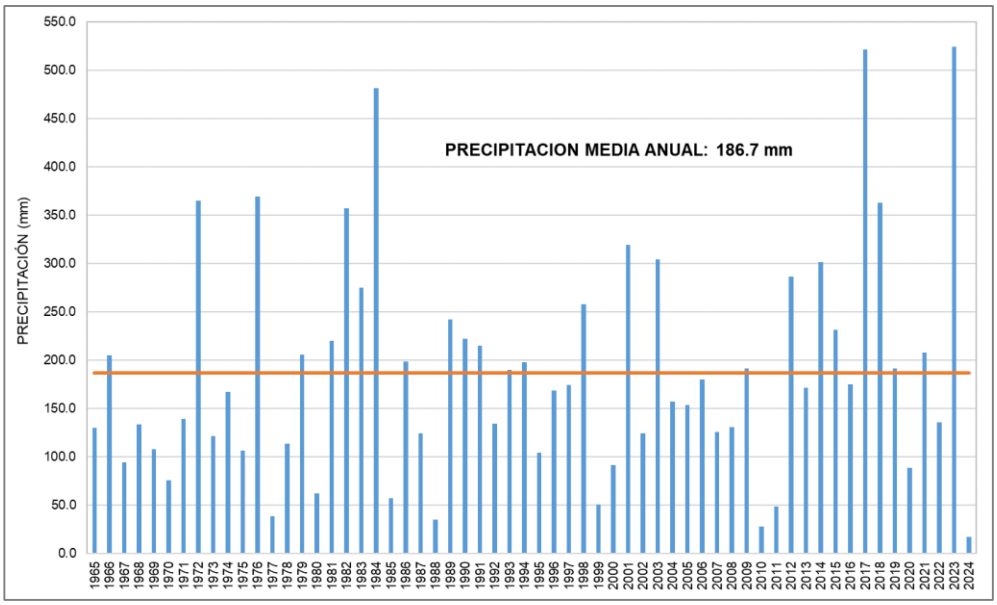


Figura 7.1. Precipitación histórica y media anual periodo (1965-2024). Estación La Paz B.C.S.-3074 Conagua, 2025.

Como resultado del análisis climatológico se define que en la región existe una tendencia de la temperatura al alza y ha ido aumentando a partir de 1992. Mientras que la precipitación **media anual es de 186.7 mm**, lo que define la existencia de escurrimientos muy bajos, típicos del clima de la región noreste del país. Sin embargo, muestra igualmente

máximas de precipitación extrema con más de 520 mm, que sobrepasan en 2.8 veces a la media determinada para 60 años.

Las características hidrográficas del área de estudio se obtuvieron a partir de los modelos digitales de elevación, la configuración de 15 microcuencas ubicadas al interior del predio del proyecto Punta La Paz y tres microcuencas al este, fuera del área de estudio, propiamente ubicadas en el continente y que descargan sus escurrimientos hacia el manglar conocido como Estero Puerto Gato.

De las microcuencas del interior del predio, dos escurren por el este hacia el oeste en el mismo estero Puerto Gato y otras tres más, por el sur del mismo estero. Al norte del predio, tres de ellas, muestran con su gradiente topográfico que su descarga es hacia la Playa El Tesoro. Al sur franco del predio, dos microcuencas descargan hacia Punta El Tesoro Escondido. Hacia el oeste del predio descargan seis microcuencas ubicadas desde Punta Colorada hasta Playa Leroke, sus escurrimientos van hacia el Mar de Cortés (Figura 7.2).



Figura 7.2. A la izquierda las microcuencas con sus direcciones de escurrimientos. A la derecha se aprecia el escurrimiento interrumpido hacia el estero por obras de infraestructura y el grado de actual de deshidratación del terreno norte del humedal.

Actualmente, se aprecia que las vialidades y plataformas que dan acceso por el nor-noreste del estero Puerto Gato han limitado el escurrimiento natural de las microcuencas, dentro y fuera del predio. Ahí, el flujo de escurrimiento se aprecia interrumpido, generando un área erosionada y deshidratada al norte del estero. Una recomendación para el proyecto turístico es que se busque la recuperación del humedal y para ello, se debe permitir que el flujo de descarga natural (evitando descargas de grasas y aceites) alcance la zona del humedal y manglar que se encuentra afectado. Esa acción será en beneficio de la recuperación ecohidrológica del estero. Igualmente, se propone que el proyecto considere una zona de amortiguamiento para esos contaminantes y limitar el acceso de vehículos al estero.



Figura 7.3. Se aprecia que las áreas de escurrimiento natural se han interrumpido desde el continente y desde el predio del proyecto hacia el estero Puerto Gato, lo que ha impactado en la desecación del humedal, que es comúnmente circulado por vehículos.

Los escurrimientos superficiales fueron calculados conforme la normatividad vigente (NOM-011-CONAGUA-2015) para cinco vertientes principales, ellas integran el escurrimiento total medio anual del área de estudio. El área incluye el predio del proyecto y su entorno. Los resultados muestran que existe escasa Interrelación del medio hidrológico superficial con los manglares, debido principalmente a su temporalidad y la variabilidad climática con amplios periodos de sequías prolongadas. La microcuenca Este es la que mayor escurrimiento aporta hacia el Estero Puerto Gato con 5,219 m^3/año, sin embargo, estos escurrimientos no son afectados por el Proyecto Punta La Paz, ya que no existen obras proyectadas.

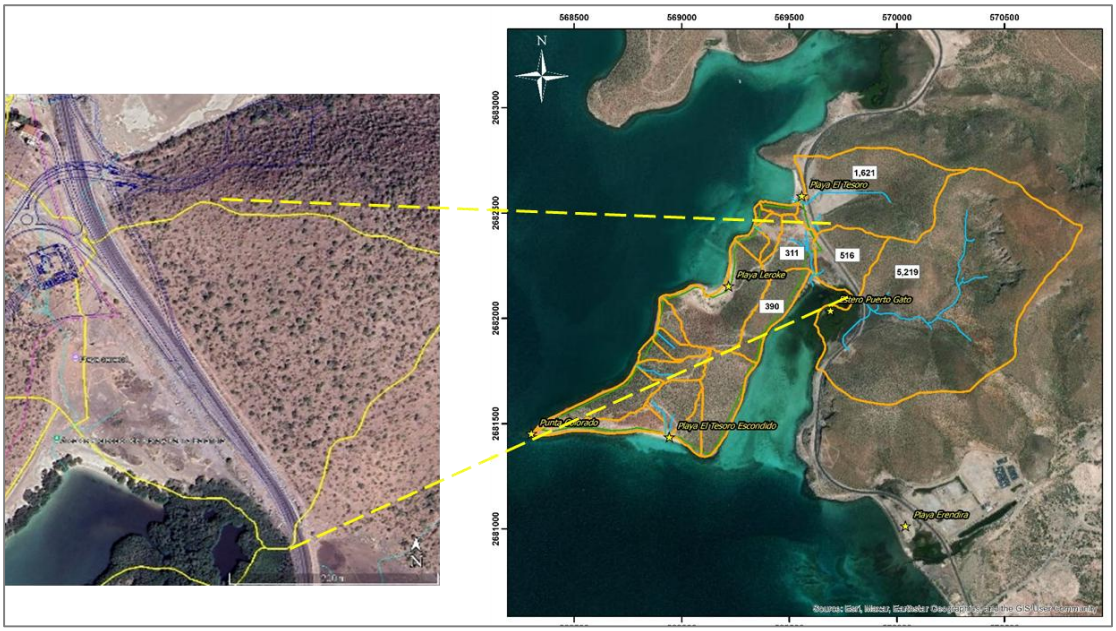


Figura 7.4. Escurrimiento medio anual de las vertientes superficiales del área de estudio. A la izquierda se aprecia el grado de deshidratación de la microcuenca norte del estero.

Por el oeste, el estero Puerto Gato recibe el escurrimiento medio anual de dos vertientes principales provenientes del predio del proyecto con 311 m^3/año y 390 m^3/año. Y de la vertiente norte del estero con 516 m3/año que es el más interrumpido a la fecha por las plataformas de estacionamiento y los caminos de acceso a vehículos (ver Figura 7.4).

Erosión actual en las microcuencas hidrográficas

El humedal es de tipo costero como biotipo de estructura compleja y delicado equilibrio ecológico. Para obtener la estimación de la erosión actual se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo que consideró los sitios de manglar localizados en el Área de Protección de Flora y Fauna Balandra, esta es una zona protegida que busca preservar la vida marina y la biodiversidad de la flora y fauna, por lo tanto, se realizó el cálculo de la erosión del suelo en las microcuencas que aportan sus escurrimientos hacia los sitios donde se ubican los manglares. Cabe mencionar que la susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende del tamaño de las partículas del suelo, del contenido de materia orgánica, de la estructura del suelo en especial del tamaño de los agregados y de la permeabilidad, situación comprometida en la porción norte del estero en donde se tiene acceso libre con vehículos.

La erosión potencial indica que si no existe cobertura del suelo (suelo desnudo) y no se tienen prácticas de conservación del suelo y del agua, se pierden entre **2.0 y 30.6 ton/ha por año**, lo que significa que anualmente **se pierde una lámina de suelo entre de 0.2 y 3.1 mm** (considerando que 1 mm de suelo es igual a 10 t/ha de suelo). No obstante, los resultados indican que **el área se encuentra en tiempo para actuar a su favor** por la recuperación del área, ya que **la erosión se categoriza como muy baja** e inferior a la erosión máxima permisible que en algunas regiones de México es de 10 ton/ha año.

Hidrología costera hidrodinámica y su relación con calidades del agua

El desarrollo sostenible y manejo integrado de un humedal se debe entender que maneja múltiples aspectos en torno al recurso hídrico y atiende en caso necesario su recuperación a manera de convivencia con el proceso de desarrollo urbano. Por tanto, su desarrollo sostenible requiere del agua y de “su territorio”, un espacio que en el caso del área del estero Puerto Gato ha sido invadido y su espacio construido ecológicamente ha sido deteriorado.

Como recurso fundamental exige controlar su deterioro cuantitativo y cualitativo y la falta de previsión ha provocado situaciones con consecuencias irreversibles, pero afortunadamente un proyecto que requiere desarrollar el paisaje como atractivo turístico es un caso donde es posible actuar para modificar la tendencia en la que ha sido colocado. Este desarrollo urbano en el área de estudio ha promovido la visita cotidiana al estero Puerto Gato como área de entretenimiento y lamentablemente se aprecia una fuerte afectación descontrolada en el área desecada, ya que hasta esa zona ingresan vehículos que han erosionado y destruido la capacidad de recuperación (resiliencia) del humedal, sus elementos han sido subvalorados y no se reconocen como “espacios críticos” para la sobrevivencia de un ecosistema vulnerable (Figura 7.5). Esta área requiere evaluación como sistema total integrado, en una forma en que la sociedad lo relacione con mayor cuidado y conocimiento su deterioro con el agua y “su territorio” como la clave de la disfuncionalidad.



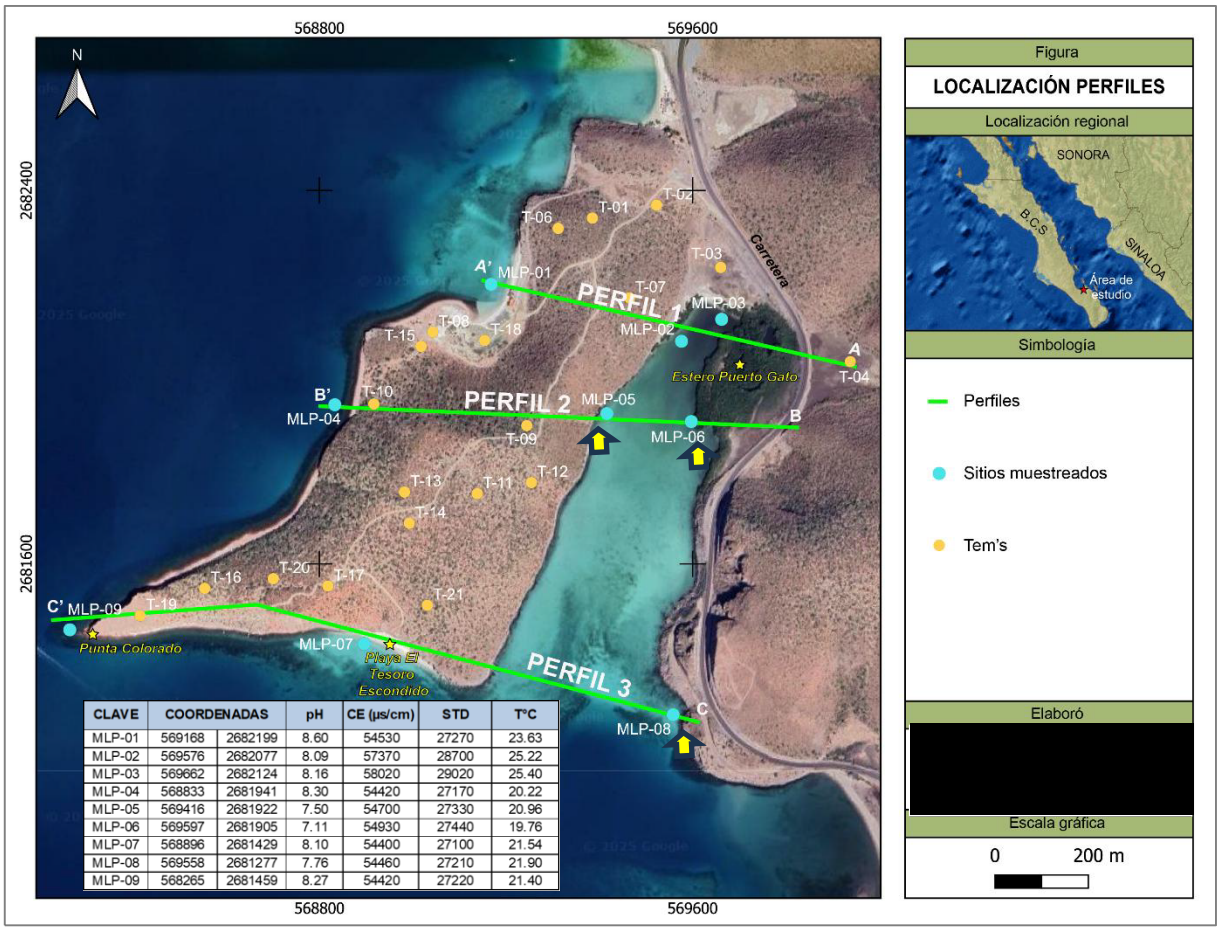
Figura 7.5. Aspectos del estado de afectación del humedal en la porción norte. Se aprecian diversos caminos que cruzan el estero y que han ido reduciendo la salud del manglar con su acceso al área.

La cobertura de manglar Estero El Gato en 1973 era de 47,916.84 m^2 y en 2014 fue de 45,429.86 m^2**. Esto da una pérdida de vegetación de mangles de 2,017.99 m^2**. En noviembre del 2023 se obtuvo una cobertura de 37,498.135 m^2. **Tomando el área del 2023 y la del año 1973 en 50 años la perdida de vegetación ha sido de 10,463.705 m^2.**

Tomando las características del estero y la hipótesis de aporte de agua al humedal, el muestreo de agua se trazó cruzando el predio con tres transectos para cubrir los diferentes cuerpos de agua, sin embargo, en el predio no existen obras de infraestructura hidráulica para tomar muestra de agua subterránea.

El pH del agua en los sitios MLP 5, 6 y 8 a diferencia del pH típico del mar (8.2-8.3) se encuentran entre 7.1 y 7.7 que sugiere la aportación de agua más ácida, que se acerca al neutro. Estos valores denotan que existe una aportación que mezcla agua dulce con agua de mar en tres sitios de descarga de flujo subterráneo. En las tres ubicaciones se observa vegetación sana de manglar (Figura 7.6).

Los transectos permitieron observar las diferentes calidades a la entrada y salida del estero Puerto Gato, estableciendo su estado base. Lamentablemente, al interior del predio no existe aprovechamiento en donde tomar muestra de agua subterránea.



CLAVE	COORDENADAS		pH	CE (µs/cm)	STD	T°C
MLP-01	569168	2682199	8.60	54530	27270	23.63
MLP-02	569576	2682077	8.09	57370	28700	25.22
MLP-03	569662	2682124	8.16	58020	29020	25.40
MLP-04	568833	2681941	8.30	54420	27170	20.22
MLP-05	569416	2681922	7.50	54700	27330	20.96
MLP-06	569597	2681905	7.11	54930	27440	19.76
MLP-07	568896	2681429	8.10	54400	27100	21.54
MLP-08	569558	2681277	7.76	54460	27210	21.90
MLP-09	568265	2681459	8.27	54420	27220	21.40

Figura 7.6. Sitios de muestreo mostrando los transectos base de la interpretación ecohidrológica. Arriba, tabla de datos de parámetros físicos del agua.

Hidrología Subterránea.

El régimen climático, igualmente permite observar dos hechos; que el caudal ecológico del manglar históricamente no es suficiente para mantenerlo con el agua superficial que escurre de las vertientes, donde la principal es el escurrimiento del este. Es decir, dados los escasos escurrimientos superficiales que se generan en las microcuencas y que descargan temporalmente al humedal, el **Estero Puerto Gato se sostiene principalmente con el agua de mar y el flujo subterráneo aportado por el subálveo de los cauces que desembocan en el estero**.

Una huella que define la importancia del **agua subterránea hacia el manglar,** lo muestra la concentración de vegetación del manglar en la porción este y más escasamente al oeste del estero. Otro elemento interesante son los parámetros físicos medidos en campo, en donde los más significativos son los pH de los cuerpos de agua como se ha explicado previamente.

El balance hidrometeorológico reporta que existe un escaso potencial de infiltración al subsuelo, el cual sostiene un sistema de acuíferos de agua dulce de muy bajo rendimiento hidráulico y vulnerable a las sequías prolongadas típicas de la región. Cabe mencionar que la normatividad de volúmenes disponibles de agua subterránea en los acuíferos administrativos de Conagua no diferencia en su almacenamiento la calidad del agua, es

decir, entre agua dulce y salada, por lo que la intrusión de agua de mar existente está incluida en el volumen de agua subterránea del acuífero, lo que prácticamente cancela toda posibilidad de extracción y aprovechamiento con pozos.

El esquema de funcionamiento del Estero Puerto Gato, indica que no se mantiene con el agua superficial (escurrimientos) ya que el volumen de escurrimientos de las cuencas es muy bajo del orden de 6,436 m3 anuales, de los cuales solo se infiltran 1,662 m3 anuales, parte de esta agua infiltrada se acumula en el subálveo del arroyo de la parte este donde se ubica la cuenca más grande. Los volúmenes potenciales de infiltración del orden de 1% de la precipitación total para cada una de ellas, este volumen potencial está por debajo de los típicos de zonas áridas del 3% (Figura 7.7).

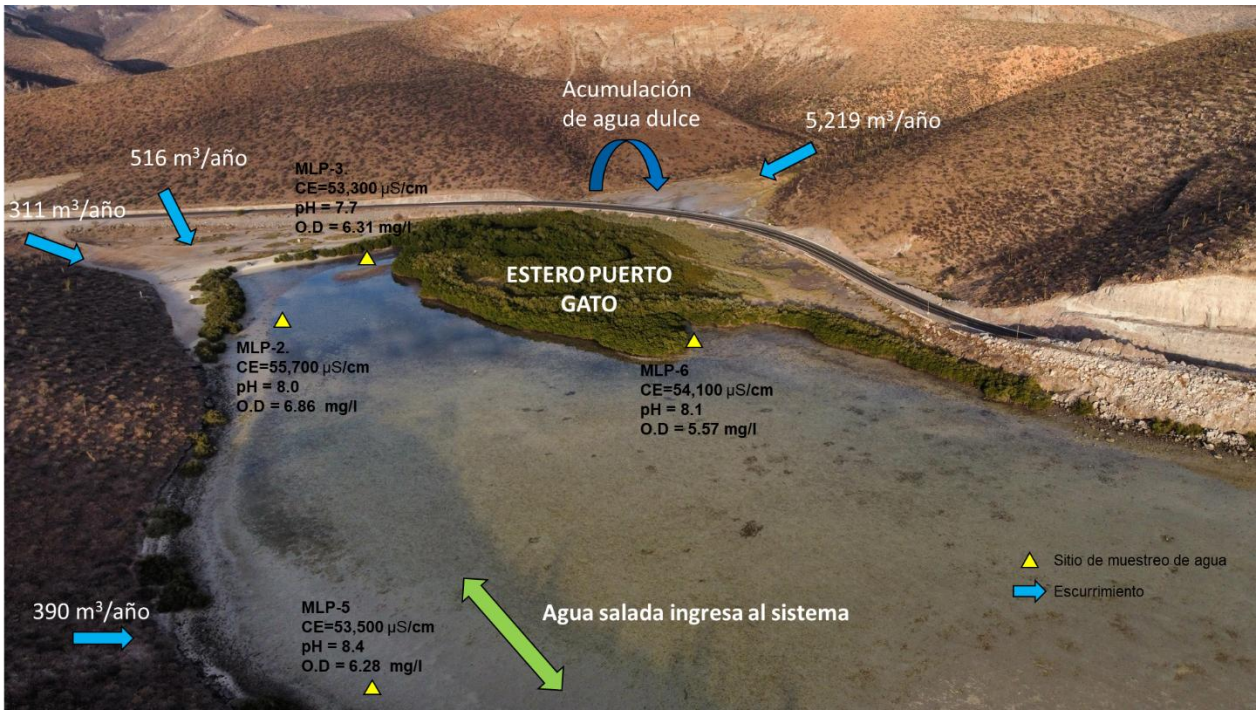


Figura 7.7. Esquema de funcionamiento del Estero Puerto Gato.

Calidad del agua

La calidad del agua superficial fue evaluada de acuerdo con los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89. Así mismo se consideraron los indicadores de calidad de agua superficial de CONAGUA.

El **muestreo de agua superficial se realizó en 9 sitios, ubicados alrededor del proyecto Punta La Paz y en el Estero Puerto Gato**

Los parámetros que no cumplen con los criterios ecológicos de calidad del agua, es el Hierro, nitritos, nitratos, fosfatos y SAAM.

El **hierro** solo estuvo presente en tres de los nueve lugares muestreados, los cuales son MLP-02 (0.022 mg/L), MLP-02 (0.1519 mg/L) y MLP-02 (0.3155 mg/L), de acuerdo con los criterios ecológicos de calidad del agua, el LMP es de 0.05 mg/L para zonas costeras, por lo cual **los sitios MLP-2 y MLP-3, se encuentran por arriba del LMP, estos sitios se localizan en la parte noroeste del Estero Puerto Gato.**

Los **nitritos** se detectaron en un rango de 0.01072 y 0.015077 mg/L. De acuerdo con los criterios ecológicos de calidad del agua (CE-CCA-001/89) establece un LMP de 0.002 mg/L por lo cual, todos los sitios se encuentran por arriba del LMP.

Los **nitratos** solo el sitio MLP-9 se encuentra ligeramente por arriba del LMP (0.04 mg/l), este sitio se ubica en Punta Colorada, En el área del Estero las concentraciones varían entre 0.0289 m/L (MLP-03) a 0.0228 m/L (MLP-06), las concentraciones disminuyen hacia el sur.

Los **fosfatos** oscilaron entre 0.41 y 1.11 mg/L. De acuerdo con los criterios ecológicos de calidad del agua que establece un límite máximo de 0.002 (**Protección de la vida acuática, agua marina**) por lo cual todos los sitios sobrepasan el límite permitido. Las mayores concentraciones se presentan en la parte noroeste del Estero Puerto Gato, en los sitios MLP-02 y MLP-03 con 1.119 y 0.965 mg/L respectivamente

Las sustancias activas al azul de metileno (SAAM), se registraron en 3 sitios (MP-01, MLP-02 y MLP-09) ligeramente por arriba del LMP (0.1 mg/L)

De acuerdo con los Indicadores de calidad del agua de CONAGUA, 2 sitios (MLP-2 y MLP-3) no cumplen (contaminada) con la concentración de solidos suspendidos totales. Estos sitios se ubican en la parte noroeste del Estero Puerto Gato.

Prospección hidrogeofísica

La geología del subsuelo del área muestra una columna litológica predominante de rocas de origen volcanosedimentario, en términos generales en el predio se presenta una alternancia de un conglomerado volcánico de débilmente a bien cementado (secuencia volcanoclástica) que se alterna con un aglomerado de fragmentos angulosos e igualmente cementado (brecha volcánica) ambos polimícticos. Debajo de esta unidad el conglomerado se alterna con una toba arenosa litificada, finalmente toda la columna descansa sobre el basamento granítico. Las unidades volcanosedimentarias pueden presentar doble porosidad ya sea intergranular o fisural, sin embargo, en uno y otro la permeabilidad depende del grado de comunicación del fracturamiento.

Lo anterior, fue corroborado por la geofísica realizada, lo que permitió observar la condición hidroestructural del subsuelo en el área del predio y su interrelación con la circulación del flujo subterráneo. Si bien, es muy complejo, la hidrogeología del área sugiere que existe un flujo subterráneo que circula a través de un sistema de fracturamiento de las rocas existentes, el cual comunicaría con su flujo subterráneo al estero Puerto Gato con la Playa Tesoro, aproximadamente entre la elevación (20 m.b.n.m.). Debajo de esta elevación se aprecian rocas sanas, es decir, que existe cierre de la permeabilidad de las rocas, por ello se asume que esta condición hasta los 20 m de profundidad corresponde con la meteorización por planos de debilidad de las rocas. Mientras que de igual manera permite observar que permite la entrada de agua como intrusión marina en Punta Colorada.

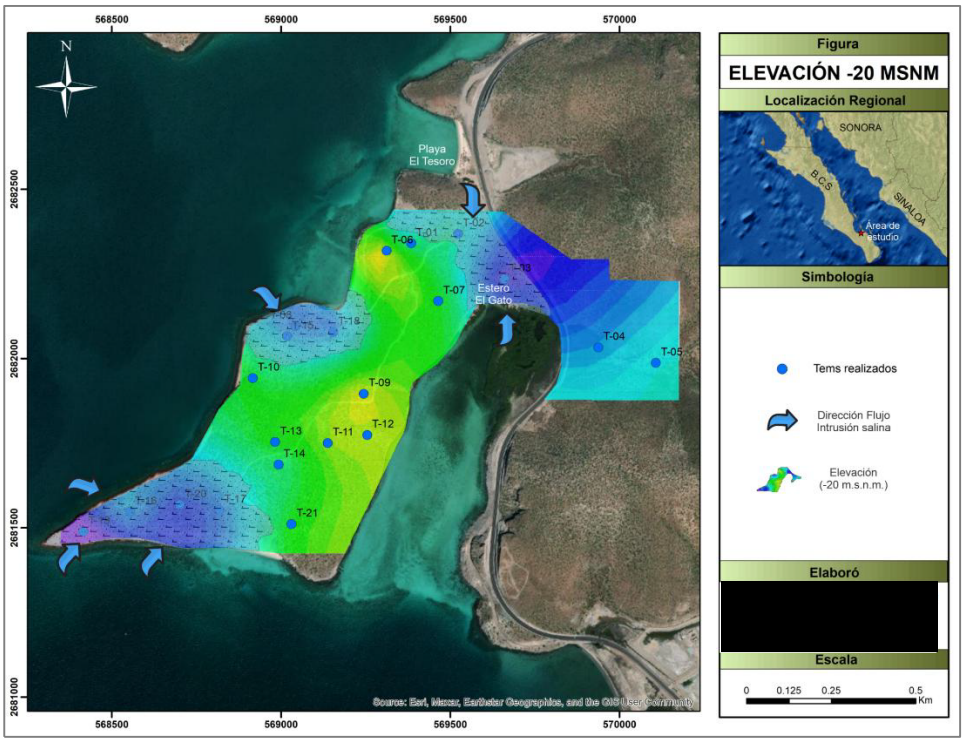


Figura 7.8. Condición hidroestructural del predio del proyecto Punta La Paz visto con el plano de resistividad a la elevación de 20 m bajo el nivel del mar (20 m.b.n.m.).

Por otro lado, con la geofísica, igualmente se determinó que existe un sistema de fracturamiento en las rocas del predio que es de mayor impacto por sus dimensiones, este se aprecia a la elevación resistiva (80 m.b.n.m.), está representado por una serie de estructuras y/o alineamientos regionales inferidos en el subsuelo. Estos sistemas de alineamientos estructurales cuentan con orientación preferencial NW-SE, las cuales se ven afectadas por estructuras más jóvenes cuasi perpendiculares de orientación NE-SW y que por debajo de 80 m de profundidad aleatoriamente son las que podrían influir en una mejor condición de permeabilidad en las unidades rocosas del subsuelo.

Igualmente, la geofísica del subsuelo mostró hasta los 200 m de profundidad analizados, la ubicación de sitios en donde se podrían encontrar condiciones posibles de obtener agua del acuífero, esta posibilidad deberá confirmarse perforando al menos un pozo de bombeo y otro de observación con el objetivo de obtener parámetros hidráulicos del subsuelo. Cabe mencionar que, dada la baja recarga de agua dulce por lluvia, se asume que el agua sería salobre. De igual manera, recordar la restricción de la disponibilidad del acuífero (Conagua).

Los sitios de posible inyección de aguas residuales se ubicaron en el área de intrusión marina, cuyo frente se encuentra en Punta Colorada, de igual manera se requiere perforar pozos de pruebas para saber si existen posibilidades reales de inyectar agua al subsuelo. No obstante, en ambos casos, estas posibilidades se consideran **hidráulicamente no sostenibles** dadas las características litológicas de las rocas ya sea **extracción o inyección**.

Las formaciones volcánicas son sumamente diversas geológica e hidrogeológicamente, así como las circunstancias en que se generan los recursos de agua subterránea. Como consecuencia, los modos de captar y poner a disposición recursos de agua con un determinado grado de garantía, en cantidad y calidad, en tiempo y lugar, son

también muy diversos y están condicionados por la condición geológica local. Este es el caso del área del proyecto, y dado que no se cuenta con algún aprovechamiento en el predio para realizar pruebas hidráulicas, el criterio de evaluación hidrogeológica considerando referencias bibliográficas de los materiales permite, en lo posible, anticipar la respuesta hidráulica que se espera de pozos de bombeo en este tipo de materiales.

Diversos autores han definido y coinciden en que este tipo de litologías como las que existen en el predio del proyecto, generalmente forman de acuitardos[1] a acuíferos de bajos rendimientos, por lo tanto, **los pozos no representan una solución de abastecimiento sustentable al proyecto**, sin importar la calidad del agua y la respuesta **para inyección igualmente**, **sería incapaz de aceptarla un pozo en correspondencia con la tasa hidráulica estimada, por lo que la inyección sería ineficiente** (Figura 7.9).

Tabla 7.1. Capacidades de transmisión en términos de conductividad hidráulica K en diferentes tipos litológicos volcánicos que constituyen unidades hidrogeológicas.

LITOLOGIA	K (m/día)	CLASIFICACIÓN
Brechas y tobas Areniscas Flujos de lava	De 0.20 a 8.64 De 0.076 a 0.36 De 1.5 a 19.87	Acuitardo Volcánico
Conglomerados Areniscas Volcánicos	De 0.2 a 8.64 De 0.076 a 0.36 De 1.5 a 19.87	Acuífero Volcánicos Sedimentario
Arenas, areniscas Piroclastos Cenizas y arcillas	De 0.076 a 0.36 De 10X10-5 a 1 De 8.3 X10-7 a 1	Acuífero Volcánico Sedimentario
Lavas Andesíticas	De 1.5 a 19.87	Acuífero Volcánico

Fuentes: Davis (1969), Morris & Johnson (1982), Custodio (1996), Sanders & Smith (1998), Peña & Sulca (2009), Mouigni Nafouanti et, al., 2023.

La tabla 7.1 muestra que el tipo de rocas que se encuentran aflorando superficialmente en el área del predio del proyecto, así como en el subsuelo constituyen unidades hidrogeológicas que varían de acuitardos a acuíferos de bajo rendimiento hidráulico, esta condición variará por su grado de fracturamiento comunicado (permeabilidad secundaria) y del espesor del acuífero. Sin embargo, experiencias representativas de pozos en este tipo de rocas, reportan rendimientos bajos, generalmente menores o del orden de 5 L/s, lo que indicaría que para lograr 30 L/s del abastecimiento del proyecto se necesitarían al menos de 10 a 15 pozos y para inyección un número semejante, lo que hace además de prohibitivo por normatividad, impráctico por el costo de operación y mantenimiento de este sistema.

[1] Acuitardo es una formación geológica que almacena agua, pero que solo permite que el agua subterránea circule en cantidades muy bajas. Se considera un material de baja a muy baja permeabilidad. Hispagua, 2025 (https://hispagua.cedex.es/).

8. CONCLUSIONES

- Este estudio de línea base hidrológico y determina las principales características y condiciones actuales de los cuerpos de agua superficial y subterránea en el predio del proyecto Punta La Paz y su entorno, se verifica la condición actual del manglar y humedales previo a la implementación del desarrollo turístico. El humedal del estero Puerto Gato es de tipo costero, es un biotipo de estructura compleja y equilibrio ecológico delicado. Este se ha considerado parte del desarrollo urbano y se ha promovido la visita cotidiana al estero Puerto Gato como área de entretenimiento y lamentablemente se aprecia una fuerte afectación descontrolada en el área desecada, ya que hasta esa zona ingresan vehículos que han erosionado y destruido la capacidad de recuperación (resiliencia) del humedal, sus elementos han sido subvalorados y no se reconocen como “espacios críticos” para la sobrevivencia de un ecosistema vulnerable. No obstante, el área se encuentra **en tiempo para actuar a su favor** por la recuperación del área y su desarrollo sostenible, requiere del agua y de “su territorio”, un espacio que ha sido invadido y ecohidrológicamente ha sido deteriorado. Esta área requiere evaluación como sistema total integrado, en una forma en que la sociedad lo relacione con mayor cuidado y conocimiento por su deterioro con el agua y “su territorio” como la clave de la disfuncionalidad.
- El análisis de la precipitación regional muestra que se han presentado años muy secos, con menos de 50 mm (1977, 1988, 1999, 2010-2011), pero en **5 de los 6 últimos años se rebasó la media anual del periodo analizado**. En dos de ellos **2017 y 2023 la precipitación superó en 2.8 veces a la media anual.** Esto es importante destacarlo para que sea considerado en el diseño de la infraestructura hidráulica que controle el flujo, sin embargo, este flujo no es suficiente para sostener el humedal. Actualmente, se aprecia que las vialidades y plataformas que dan acceso por el nor-noreste del estero Puerto Gato han limitado el escurrimiento natural de las microcuencas, dentro y fuera del predio. Ahí, el flujo de escurrimiento se aprecia interrumpido, generando un área erosionada y deshidratada al norte del estero. El análisis hidrológico muestra que existe escasa Interrelación del medio hidrológico superficial con los manglares, debido principalmente a su temporalidad y la variabilidad climática con amplios periodos de sequías prolongadas. La microcuenca este es la que mayor escurrimiento aporta hacia el estero Puerto Gato con un escaso flujo de 8,954 m3/año. Por el oeste, el estero Puerto Gato recibe el escurrimiento medio anual de dos vertientes principales, provenientes del predio del proyecto con 533 m3/año y 669 m3/año, estos son independientes y no se interrelacionan con el escurrimiento del este. La vertiente norte del estero aporta 885 m3/año, es el más interrumpido a la fecha por las plataformas de estacionamiento y los caminos de acceso a vehículos
- Tomando las características físicas y químicas del estero, denotan que existe una aportación de agua al humedal que mezcla agua dulce con agua de mar, que se destacan en tres sitios de descarga de flujo subterráneo ahí se observa como respuesta que existe vegetación sana del manglar. Por tanto, el régimen climático asociado a lo anterior permite observar que el caudal ecológico del manglar históricamente mayor del escurrimiento este no es suficiente para mantenerlo con el agua superficial sino del subálveo, el cual se distingue como la fuente principal. Es decir, dados los escasos escurrimientos superficiales que se generan en las microcuencas y que descargan temporalmente al humedal, el **estero Puerto Gato se sostiene principalmente con el agua de mar y el flujo subterráneo aportado por el subálveo de los cauces que desembocan en el estero.**

- El balance hidrometeorológico reporta un escaso potencial de infiltración al subsuelo, el cual sostiene un sistema de acuíferos de agua dulce de muy bajo rendimiento hidráulico y

vulnerable a las sequías prolongadas típicas de la región. La geofísica definió que existe intrusión marina cuyo frente penetra por Punta Colorada, sin embargo, tomando en cuenta que en los acuíferos administrativos de Conagua no se hace diferencia en el volumen de almacenamiento la calidad del agua, es decir, entre agua dulce y salada, la intrusión de agua de mar existente está incluida en el volumen de agua subterránea del acuífero, lo que prácticamente cancela toda posibilidad de extracción y aprovechamiento con pozos, dada la condición de no disponibilidad del acuífero.

- Igualmente, la geofísica permitió observar la condición hidroestructural del subsuelo en el área del predio y su interrelación con la circulación del flujo subterráneo. Si bien, es muy complejo, la hidrogeología del área sugiere que existe un flujo subterráneo que circula a través de un sistema de fracturamiento de las rocas existentes, el cual comunicaría con su flujo subterráneo al estero Puerto Gato con la Playa Tesoro, aproximadamente entre la elevación (20 m.b.n.m.). El mismo sistema de fracturamiento de las rocas del predio, muestra que desde la elevación resistiva (80 m.b.n.m.) y hacia abajo, existen una serie de estructuras y/o alineamientos regionales inferidos en el subsuelo con orientación preferencial NW-SE, las cuales también son afectadas por otras estructuras más jóvenes de orientación NE-SW y que por debajo de los 80 m.b.n.m. aleatoriamente influyen en una mejor condición de permeabilidad de las unidades rocosas del subsuelo. Lo que define que entre los 80 y hasta los 200 m de profundidad se podrían encontrar condiciones hidrogeológicas para obtener agua del acuífero, vale recordar la restricción de la disponibilidad del acuífero (Conagua).
- Los sitios de posible inyección de aguas residuales se ubicaron en el área de intrusión marina, cuyo frente se encuentra en Punta Colorada, en ambos casos extraer e inyectar agua requieren de perforar pozos de pruebas para saber si existen posibilidades reales en el subsuelo. Sin embargo, experiencias representativas de pozos en este tipo de rocas, (Brechas, tobas, conglomerados, areniscas volcánicas) reportan rendimientos bajos, generalmente menores o del orden de 5 L/s, lo que indicaría que para lograr 30 L/s del abastecimiento del proyecto se necesitarían al menos de 10 a 15 pozos y para inyección un número semejante, lo que hace además de prohibitivo por normatividad, impráctico por el costo de operación y mantenimiento de este sistema. En ambos casos, estas posibilidades se consideran **hidráulicamente no sostenibles** dadas las características litológicas de las rocas ya sea para **extracción o inyección**.

9. RECOMENDACIONES

- El **área de estudio del proyecto** se encuentra dentro de un Área Natural Protegida (ANP) en donde se pretende construir un desarrollo turístico, paradójicamente presenta un **alto riesgo hídrico y carece de desarrollo sostenible**. El área del predio y su entorno Este, conocido como Estero Puerto Gato ha sufrido diversas formas de apropiación de usos y manejo irracional no planificado del agua, y en sus espacios se promueven la generación de riesgos tales como; riesgo por contaminación de las aguas, riesgo a la reducción del recurso, riesgo a las inundaciones. A partir de las sequías prolongadas de la región, la deshidratación de los terrenos que formaban parte del humedal hacia el norte, ha venido ocupándose como plataformas de estacionamiento y caminos de acceso de vehículos, cuya circulación erosiona los suelos finos al circular, ello genera una problemática compleja, alejando de su resiliencia al estero y que altera el proceso de desarrollo sostenible de estos espacios. La consideración ambiental del humedal supera la visión ecologista dominante para aportar elementos de análisis en la evaluación del riesgo hídrico. El **desconocimiento de los sistemas naturales con los que interactúan los visitantes**, así como la falta de planificación urbana, los objetivos

cortoplacistas y las conductas socio-culturales agresivas acrecientan velozmente la producción de riesgos que procuran la destrucción acelerada del estero y sus componentes.

- Basado en lo anterior, es r**ecomendable para el promovente turístico**, cuyo objetivo central es la **planificación de un paisaje sano como el mayor atractivo para el turismo**, y que busca disfrutar de la naturaleza, que planteé a la Autoridad como parte del proyecto una **compensación para hacerse cargo de la corrección, protección y recuperación de las zonas afectadas por las actividades antropogénicas** que han dejado esta área desprotegida e impactada sin protección, contrario a su definición de ANP. El promovente haría efectiva para esta porción su definición de área protegida para que regrese a su resiliencia y se haga sostenible. En este sentido, **bajo este compromiso suscrito, lo mejor que le puede pasar a esta área es que se realice el proyecto**.

- Es **recomendable** que dadas las condiciones del acuífero administrativo La Paz (0324) para el que Conagua define un **déficit de -13,488,404 m3,** no se encuentra en posibilidades de otorgar nuevas concesiones de agua subterránea. Cabe mencionar que el volumen del acuífero de Conagua no distingue la calidad del agua e incluye al almacenamiento de agua salina procedente de la intrusión marina. Esta se determinó que de manera natural intrusionó la porción sur del predio, por la facilidad geológico-estructural del fracturamiento de las rocas de Punta Colorada. Por lo tanto, **esta opción como sistema de abastecimiento y descarga queda fuera del alcance técnico-normativo del proyecto**. Por lo tanto, se recomienda incluir en el proyecto para su abastecimiento, que considere la posibilidad de **toma de agua de mar para desalinizar y descarga de salmuera al mismo.** El volumen anual de toma con 30 L/s sería del orden de 960,000 m3 y la descarga del orden de 384,000 m3/año lo que representa un bajo volumen en ambos casos. Sin embargo, se requiere llevar a cabo los estudios oceanográficos necesarios para definir los mejores sitios y con modelación matemática simular con diversos escenarios la pluma de dispersión de la descarga, para las dos diferentes condiciones estacionales del año. Se anticipa que, la infraestructura de toma y descarga, **deberán estar alejados lo suficiente, a mayor distancia de 520 m de la línea de costa**, para quedar **fuera de los límites** del polígono del área natural protegida en el Mar de Cortés.

- Otra opción recomendable de abastecimiento de agua para el desarrollo turístico podría ser la adquisición de los derechos de compra y uso de **aguas residuales de la ciudad de La Paz,** que reporta, con resultados de laboratorio de calidad del agua un efluente de 750 L/s en 2022 (https://sapalapaz.gob.mx/ptar/) (OOMSAPAS LA PAZ, 2024). Desde luego, una vez obtenido el volumen el proyecto debe considerar la conducción del agua hasta el proyecto. El agua en sitio **necesitará potabilizarse y el agua de residuo al no tener alta salinidad, podría ser de utilidad en el riego de jardines** y para atender el compromiso de compensación ecohidrológica del estero.

- Los **escurrimientos como se definió, muestran total independencia entre las diferentes microcuencas del Este y Norte con las del predio** que descargan hacia el estero y hacia el Mar de Cortés, esto significa que no se interfieren en lo absoluto, y que si bien **son insuficientes para cubrir sus servicios ambientales**, tal como se describe en este estudio, **se recomienda que el proyecto turístico considere permitir que el flujo de descarga natural** cuente con calles canal en su vertiente Este, que brinde encauzamiento controlado con un área de amortiguamiento y evite el arrastre de grasas y aceites que alcancen la zona del manglar como parte integral del programa de rescate y recuperación del humedal.

2025

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL. PUNTA LA PAZ



ANEXO 4.2

CARACTERIZACIÓN DE FLORA Y FAUNA

ABRIL

2025

SITAG

Soluciones Integrales Tecnológicas, Ambientales y Geográficas

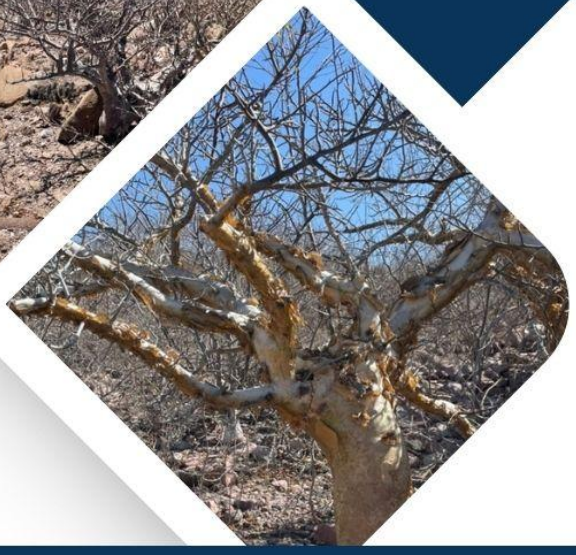


INFORME

FLORA Y FAUNA







PROYECTO

PUNTA LA PAZ

Soluciones Integrales Tecnológicas, Ambientales y Geográficas

33 13 18 20 22

direccion.sitag@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

1.- INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO 3

1..1.- UBICACIÓN 3

1.2.- CARACTERIZACIÓN FISIO-GRAFICA 3

2.- METODO 6

2.1.- TAMAÑO DE MUESTRA 6

3.- CARACTERIZACION BIOLOGICA 13

3.1.- VEGETACIÓN 13

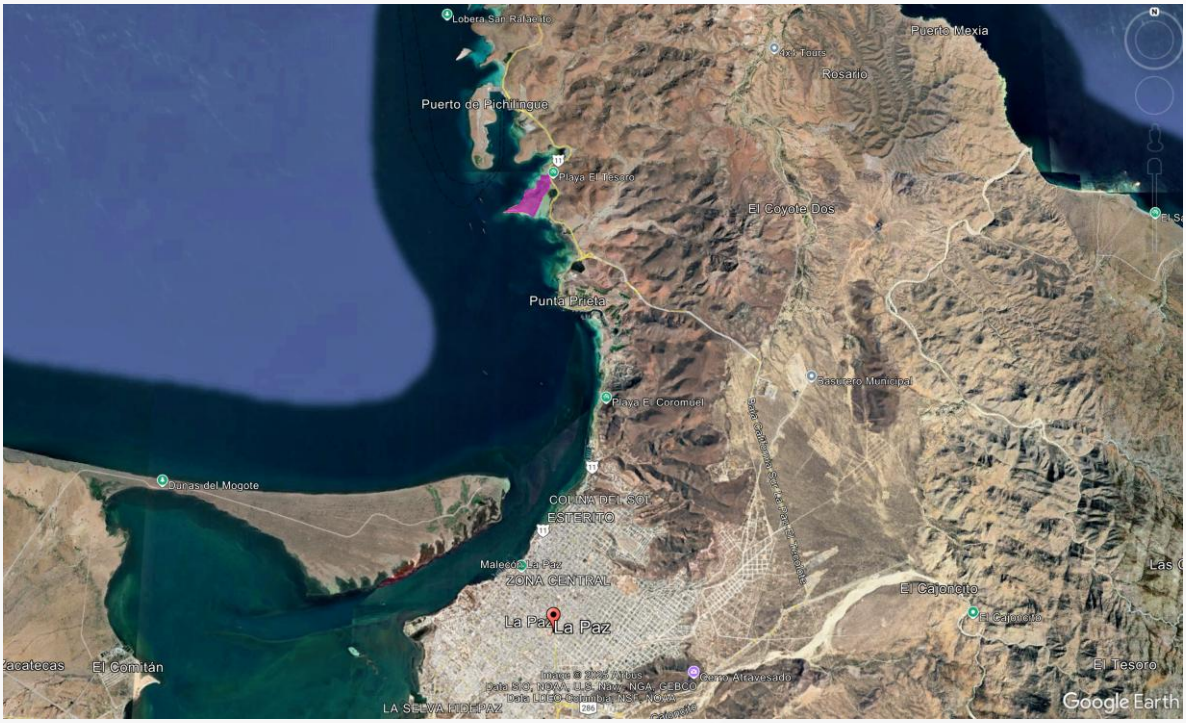
3.2.- FAUNA 15

4.- ANEXO : MEMORIA FOTOGRAFICA 17

1.- INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO

1..1.- Ubicación

El predio está localizado en el municipio de La Paz, en el estado de Baja California Sur a 16 Km al Norte de la localidad de La Paz por la carretera escénica, llegando al libramiento norte de La Paz, se toma la Carretera BCS La Paz – El Tecolote. El predio se encuentra en la coordenada geográfica central 110°19’07.00” Oeste, 24°14’51.24” Norte.



1.2.- Caracterización fisio-grafica

Clima

De acuerdo a la región donde se encuentra ubicado el predio “Punta La Paz” prevalecen el tipo de clima clasificado como BW(h')hw(x') es un tipo de clima muy seco, cálido, con lluvias en verano, con porcentaje de precipitación invernal mayor de 10.2 milímetros.

Tipo de vegetación

Los principales tipos de vegetación dentro del Municipio de La Paz son el matorral sarcocaule, que identifica el principal tipo de vegetación existente en el predio objeto del presente estudio.

Cercano a los límites del predio se encuentra vegetación de Mangle específicamente a 25 mts y 100 mts al Este del predio en la subzona de restauración puerto gato, del ANP de Balandra y hasta 560 mts al Noreste en la Playa Peceño.

Tipo de suelo

El suelo está constituido por una capa de material fragmentario no consolidado, que se forma por la interacción continua y simultánea de la materia a partir de la cual se origina, así como del clima, del tipo de vegetación y fauna y de las condiciones particulares del relieve. De acuerdo a la información de la cartografía temática del Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI) 1:250,000, el suelo que se describe para esta zona es litosol constituye la etapa primaria de formación del suelo; aparece sobre rocas que han resistido el intemperismo, proceso favorecido por una topografía quebrada y pendientes altas que facilitan la erosión de los productos resultantes. Como forma una capa muy delgada puede permitir una infiltración rápida hacia las capas inferiores.

Geología

La composición geológica del Municipio de La Paz está constituida por diferentes eras rocosas, especialmente del cenozoico y mesozoico, así como, sedimentos con edades del Reciente al Triásico y rocas jóvenes Cuaternarias, producto de los procesos exógenos provocados, principalmente, por la erosión e intemperismo de las rocas.

La composición imperante en el área del proyecto corresponde a los periodos del Terciario Neogeno de Brecha Andesítica con Conglomerado Oligomíctico, al periodo Cuaternario, con una coposición de suelo Aluvión y por ultimootra sección correspondiente al periodo Terciario Neogeno de Arenisca combinado con Conglomerado Oligomíctico.

Sitios de interés ambiental

El área del proyecto se encuentra dentro sitios de interés ambiental en primera instancia gran parte del proyecto se encuentra rodeado por el Área de protección de flora y fauna Balandra, zona destinada como uso tradicional de acuerdo al programa de manejo del ANP.

Otra sitio de interés ambiental es el Área de importancia para la conservación de aves, denominado como Ensenada de la paz y dentro de un Sitio RAMSAR denominado Humedales El Mogote-Ensenada de la Paz.

Elementos adicionales pueden ser consultados a través del siguiente link: https://earth.google.com/earth/d/12BHAXwCNYLiCxaL38eEty-DvWLOSupay?usp=sharing

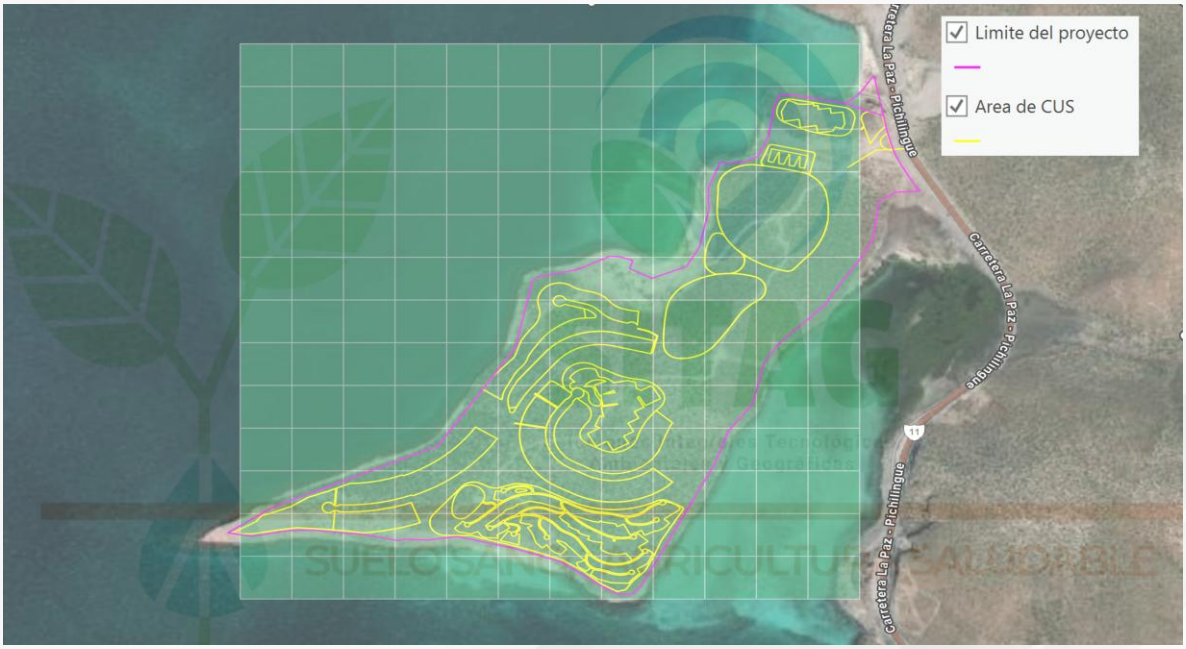
2.- METODO

2.1.- Tamaño de muestra

2.1.1.- Material cartográfico

Para la definición de las áreas de levantamiento de flora se utilizó la herramienta de Muestreo del Sistema de Información Geográfica (SIG) que permiten crear entidades que se utilizan como ubicaciones de muestreo o áreas de agregación. La herramienta nos permite crear una malla de polígonos cuadrados dentro de una extensión del territorio.

Par este proyecto se tomó como referencias el límite del predio para determinar una malla de 100x100 metros, con el objetivo de cubrir en sus totalidad las área consideradas para el cambio de uso de suelo, resultando el siguiente cubrimiento general.



2.1.2.- Diseño del muestreo

Una vez que se tuvo el material cartográfico, la malla 100x100 metros y la distribución de puntos sobre el área de estudios, se planteó el desarrollo de un muestreo sistemático dirigido, en el que se eligieron 40 puntos de los distribuidos homogéneamente sobre la superficie total del predio, considerando cubrir toda la superficie.

La siguiente figura, muestra la imagen de los puntos seleccionados para el levantamiento de datos de flora del estrato arbustivo y herbáceo.



2.1.3.- Estimación del tamaño de muestra

Se realizó un análisis previo de las condiciones del sitio de muestreo en donde se encontraron datos de la vegetación arbustiva, herbácea y poca o nula presencia del estrato arbóreo. Bajo esta información se planteó la forma y tamaño de los sitios a muestrear. La Unidad de Muestreo es son sitios de 100 m^2 de forma circular por la facilidad de su trazo, así como las características de la vegetación que permiten una

buena medición al carecer de arbolado y permitir la movilidad entre los individuos para efectuar las mediciones. Para el marco de muestreo bajo una intensidad planteada de 0.75% se determinaron 40 sitios de acuerdo con la siguiente formula:

$$n = \frac{I.M.* A}{T.S.}$$

Dónde:

n = Número de sitios

I.M.= Intensidad de muestreo

A= Superficie total

T.S.= Tamaño de los sitios de muestreo

$$n = \frac{0.75 \ * \ 523{,}570\ m^2}{100\ m^2}$$

$$n = \frac{0.0075 \ * \ 523{,}570\ m^2}{100\ m^2}$$

$$n = 39.26 \ \approx 40\ sitios$$

De acuerdo con Carrillo Espinosa, Guillermo 1991, las intensidades de muestreo más comunes varían en el rango del 0.004 – 0.4 o su expresión en porcentaje del 0.4%-4%.

2.1.4.- Materiales utilizados en la ejecución del inventario

Tabla con la información de la ubicación de los sitios que fueron muestreados dentro del predio.

No. Sitio	UTM X	UTM Y	No. Sitio	UTM X	UTM Y
1	0569485	2682494	21	0569102	2682071
2	0569208	2681801	**22**	0569120	2681403
3	0568427	2681519	**23**	0569020	2681497
4	0568506	2681495	**24**	0568920	2681491
5	0568623	2681497	**25**	0569022	2681595
6	0568921	2681897	**26**	0569152	2681606
7	0569004	2681897	**27**	0568918	2681598
8	0568618	2681577	**28**	0568863	2681611
9	0568718	2681585	**29**	0569027	2681690
10	0568814	2681587	**30**	0569107	2681795
11	0568250	2681829	**31**	0569117	2681696
12	0568916	2681793	**32**	0569278	2681788
13	0569010	2681802	**33**	0569198	2681899
14	0568815	2681683	**34**	0569101	2681999
15	0569406	2682211	**35**	0569006	2681994
16	0569484	2682115	**36**	0569384	2682497
17	0569384	2681993	**37**	0569388	2682392
18	0569313	2682039	**38**	0569389	2682301
19	0569297	2682103	**39**	0569292	2682296
20	0569216	2681999	**40**	0569281	2682198

2.1.5.- Análisis preliminar de los resultados del levantamiento de campo

En el muestreo realizado se encontraron un total de 26 especies de flora del estrato herbáceo y arbustivo de acuerdo con el cuadro siguiente:

No.	Especie
1	*Cylindropuntia alcahes*
2	*Agave sobria*
3	*Acacia goldmani*
4	*Ambrosia monogyra*
5	*Antogonon leptopus*
6	*Aristida adsenscionis*
7	*Bursera epinnata*
8	*Bursera microphylla*
9	*Caesalpinnia arenosa*

10	*Cylindropuntia cholla Weber*
11	*Cyrtocarpa edulis*
12	*Echinocereus brandegeei*
13	*Encelia farinosa*
14	*Euphorbia lomelii*
15	*Fouqueria diguetti*
16	*Jatropha cuneata*
17	*Lycium brevipes*
18	*Mammilaria Fraileana*
19	*Olneya teosota*
20	*Pachycereus pringlei*
21	*Phaulothamnus spinescens*
22	*Ruelia californica*
23	*Sesuvium portulcastrum*
24	*Simmondsia chinensis*
25	*Stenocereus gummosus*
26	*Stenocereus thurberi*

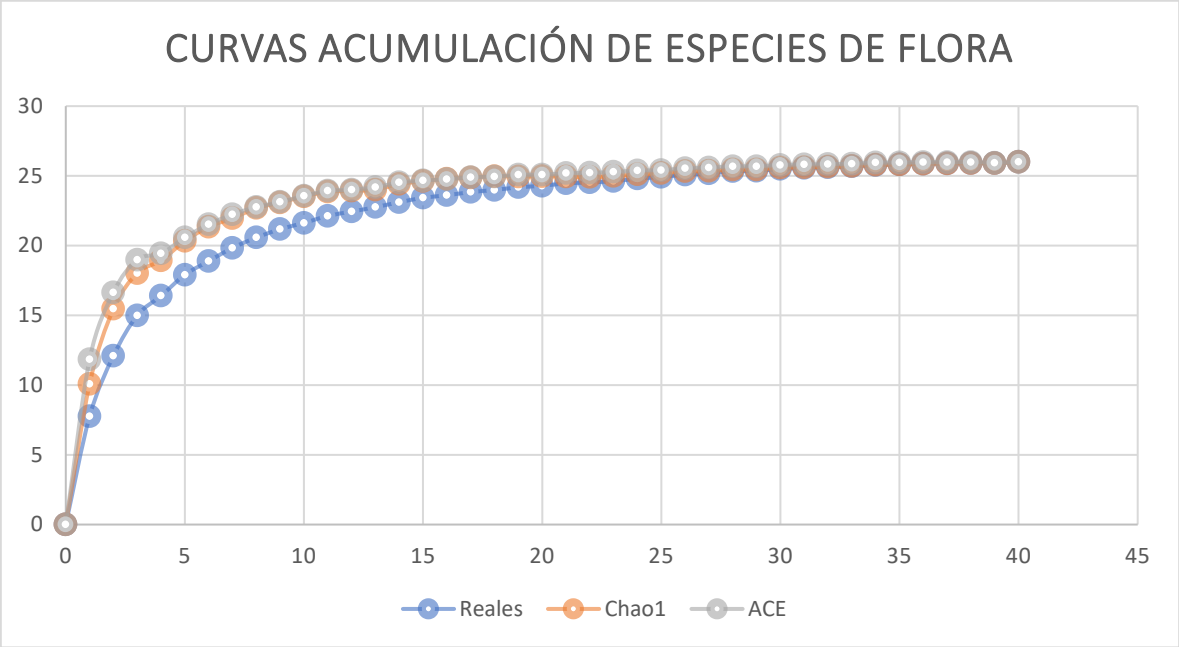
Se tuvo un total de 920 observaciones de especies de los 26 tipos encontrados en la ejecución del muestreo para los estratos arbustivo y herbáceo.

2.1.6.- Curvas de acumulación de especies

Para evaluar que los datos levantados sean significativos con respecto a la representación de especies dentro del predio, se procedió ha realizar un análisis de curva de acumulación de especies el cual consiste en conocer la riqueza de especies total de una comunidad. Estas curvas muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de recolecta en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual por más que se recolecte, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota.

En la curva de colecta de especies, la incorporación de nuevas especies al inventario se relaciona con alguna medida del esfuerzo de muestreo. Cuanto mayor sea este esfuerzo, mayor será el número de especies colectadas.

Se realizó el análisis en el programa EstimateS bajo los parámetros colectados resultando preliminarmente la siguiente gráfica para flora.



En cuanto a la eficiencia del muestro se presenta el siguiente cuadro con información que refleja que para la flora muestreada la eficiencia se calculó en un 100% para los dos estimadores mostrados Chao 1 y ACE al número de sitio colectados lo cual se presente en la siguiente tabla.

Sitio	Reales	Chao1	ACE	Eficiencia CHAO	Eficiencia ACE
0	0	0	0		
1	7.75	10.07	11.84	77%	65%
2	12.09	15.46	16.65	78%	73%
3	14.99	18.02	18.99	83%	79%
4	16.4	18.94	19.43	87%	84%
5	17.91	20.33	20.59	88%	87%
6	18.89	21.35	21.53	88%	88%
7	19.84	21.96	22.24	90%	89%
8	20.58	22.69	22.77	91%	90%
9	21.18	23.08	23.13	92%	92%
10	21.63	23.53	23.57	92%	92%
11	22.13	23.86	23.94	93%	92%

12	22.44	23.93	24.01	94%	93%
13	22.76	24.01	24.19	95%	94%
14	23.11	24.42	24.53	95%	94%
15	23.43	24.62	24.68	95%	95%
16	23.61	24.79	24.76	95%	95%
17	23.84	24.87	24.9	96%	96%
18	23.99	24.98	24.95	96%	96%
19	24.18	24.95	25.08	97%	96%
20	24.29	24.97	25.09	97%	97%
21	24.46	24.95	25.19	98%	97%
22	24.53	24.92	25.23	98%	97%
23	24.62	24.99	25.28	99%	97%
24	24.8	25.1	25.39	99%	98%
25	24.92	25.2	25.41	99%	98%
26	25.08	25.33	25.55	99%	98%
27	25.18	25.37	25.59	99%	98%
28	25.33	25.45	25.69	100%	99%
29	25.36	25.46	25.69	100%	99%
30	25.49	25.58	25.78	100%	99%
31	25.57	25.62	25.82	100%	99%
32	25.61	25.65	25.84	100%	99%
33	25.68	25.7	25.87	100%	99%
34	25.77	25.79	25.95	100%	99%
35	25.81	25.81	25.95	100%	99%
36	25.87	25.87	25.98	100%	100%
37	25.89	25.89	25.98	100%	100%
38	25.92	25.92	25.98	100%	100%
39	25.92	25.92	25.94	100%	100%
40	26	26	26	100%	100%

Por lo anterior se concluye que los datos del inventario son confiables.

3.- CARACTERIZACION BIOLOGICA

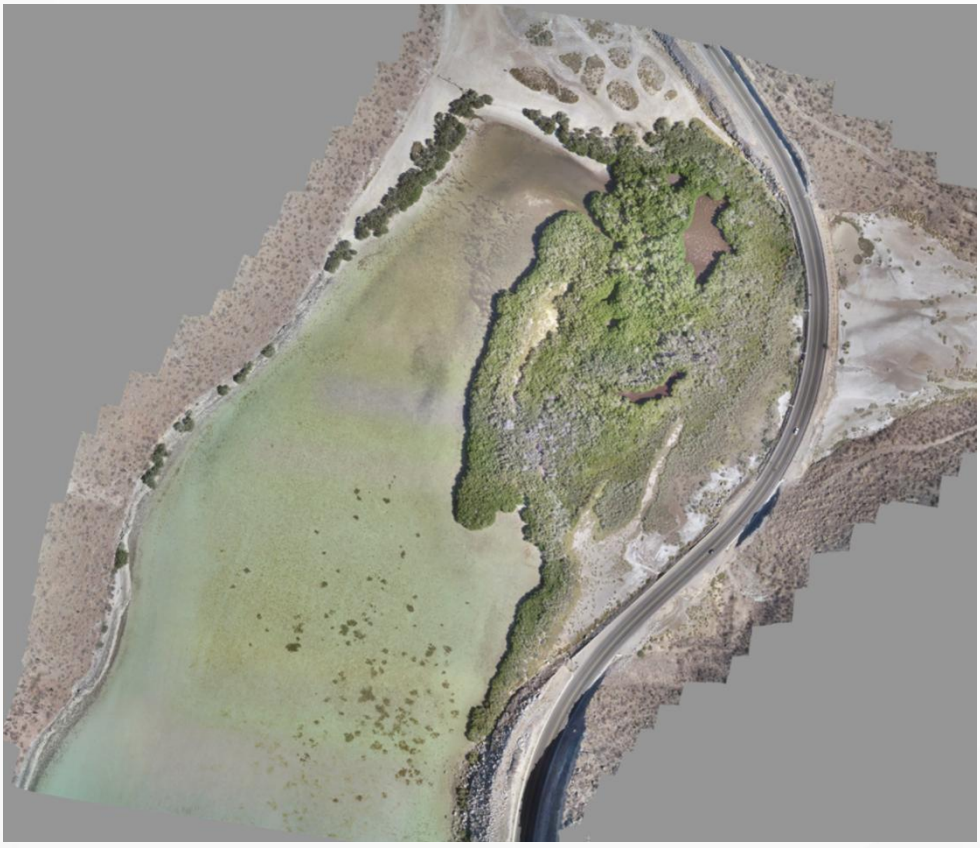
3.1.- Vegetación

Punta La Paz pertenece a la subprovincia florística de la costa central del Golfo de California, que se extiende como una estrecha franja costera por toda la costa oriental de Baja California Sur y la costa centro-sur, fitogeográficamente, el predio se encuentra enclavada en una de las dos áreas discontinuas del Desierto Sonorense en el extremo sur peninsular o región del Cabo;; esta superficie discontinua del estado de Sonora y cubre también todas las islas del Golfo de California, la topografía y la erosión permiten el desarrollo de distintos microambientes, en los cuales se seleccionan adaptativamente las mejores especies vegetales para ocupar permanente o temporalmente un sitio en el espacio geográfico.

El tipo de vegetación predominante en el predio de acuerdo a la clasificación de uso de suelo y vegetación de México serie VI del INEGI, son vegetación de matorral sarcocaule, matorral sarcocrasicaule y mangle. Esta vegetación esta caracterizado por la dominancia de arbustos de tallos carnosos, gruesos frecuentemente retorcidos y algunos con corteza papirácea. Los matorrales sarcocaules se encuentran sobre terrenos rocosos y suelos someros de las regiones costeras, siendo el matorral más abundante en el estado.

Otra tipo de vegetacion presente en el area son los manglares en la laguna y se caracterizan por la reducida dimensión de la masa arbolada; cada individuo tiende a ramificarse desde su base, alto nivel de cobertura individual, baja tasa de regeneración poblacional, y otras relacionadas con aspectos fenológicos. La presencia de este tipo de vegetacion es reconocido ya que algunos arroyos desarrollan un salitral en su zona de descarga y si ésta termina en una bahía que

proteja de la energía cinética del oleaje, suele desarrollarse un manglar en la zona litoral.



En la siguiente tabla se presentan las principales especies dominantes de flora silvestre, identificadas durante los recorridos de campo por el predio.

Nombre común	Nombre científico	Categoría de riesgo
Agave	*Agave sobria*	
Candelilla	*Euphorbia lomelii*	
Cardón	*Pachycereus pringlei*	
Casa de Cochi	*Phaulothamnus spinescens*	
Casa de Rata	*Echinocereus brandegeei* .	
Choya Pelona	*Cylindropuntia cholla*	
Ciruelo Silvestre	*Cyrtocarpa edulis*	
Clavellina	*Cylindropuntia alcahes*	
Copal	*Bursera epinnata*	
Dai	*Acacia goldmani*	

Frutilla	*Lycium brevipes*	
Incienso	*Encelia farinosa*	
Jojoba	Simmondsia chinensis	
Matacora	*Jatropha cuneata*	
Palo Adán	*Fouqueria diguetti*	
Palo Estaca	*Caesalpinnia arenosa*	
pitaya Agria	*Stenocereus gummosus*	
Pitaya Dulce	Stenocereus thurberi	
Rama Parda	*Ruelia californica*	
Romerillon	*Ambrosia monogyra*	
San Miguelito	*Antogonon leptopus*	
Torote	*Bursera microphylla*	
Uña de Gato	*Olneya teosota*	Sujeta a protección especial (NOM-059)
Verdolaga de Playa	*Sesuvium portulcastrum*	
Viejito	Mammilaria Fraileana	
Zacate tres Aristas	*Aristida adsenscionis*	

3.2.- Fauna

En la Península de Baja California, como resultado de una compleja historia evolutiva geológica y climática única, es posible encontrar fauna de gran variedad de ambientes (serranías y cañones con vegetación desértica y raparía y mangle) donde se ha desarrollado una gran diversidad de especies animales y de endemismos de acuerdo a las observaciones realizadas en el predio se enlistan algunas especies de fauna presenten.

Nombre común	Nombre científico	Categoría de riesgo
Mamíferos		
Coyote	*Canis latrans*	
Juancito	*Ammospermophilus leucurus extimus*	
Liebre	*Lepus californicus xanti*	
Venado bura	*Odocoileus hemionus*	

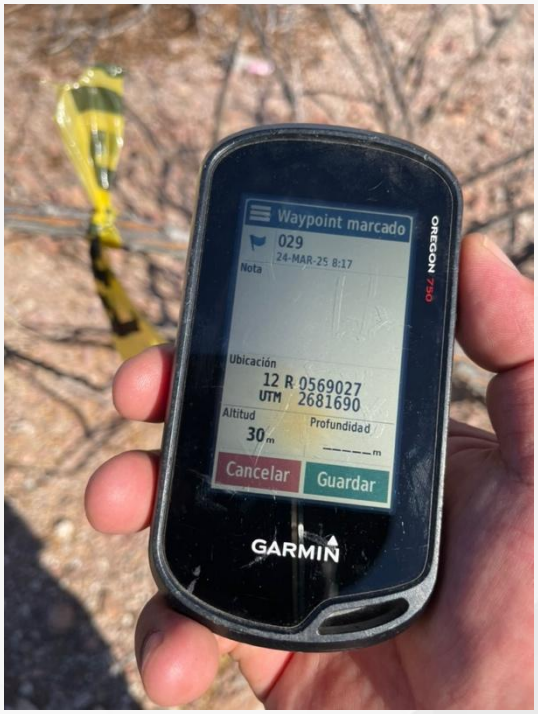
Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus peninsularis*
Ornitofauna	
Aguililla cola roja	*Buteo jamaicensis calurus*
Aguila pesacdora	*Pandion haliaetus*
Gaviota plateada	*Larus argentatus*
Calandria	*Icterus parisorum*
Caracara quebrantahuesos	*Caracara cheriway*
Cardenal	*Cardinalis cardinalis*
Bolsero calandria	*Icterus bullockii*
Chorlo pico grueso	*Charadrius wilsonia*
Colibrí cabeza violeta	*Calypte costae*
Cuervo común	*Corvus corax*
Garza blanca	*Ardea alba*
gorrión chapulín	*Ammodramus savannarum*
Carpintero del desierto	*Melanerpes uropygialis*
Tórtola coquita	*Columbina passerina*
Paloma	*Zenaida asiatica*
Zopilote	*Cathartes aura teter*
Zacatonero garganta negra	*Amphispiza bilineata*
Herpetofauna	
Víbora chirrionera	*Masticophis flagellum fulginosus*
Huico	*Aspidoscelis hyperythra*
Lagartija cola de látigo	*Aspidoscelis tigris*

4.- ANEXO : MEMORIA FOTOGRAFICA

4.1. Toma de muestras de flora









4.2. Flora representativa



Pitaya dulce



Uña de gato

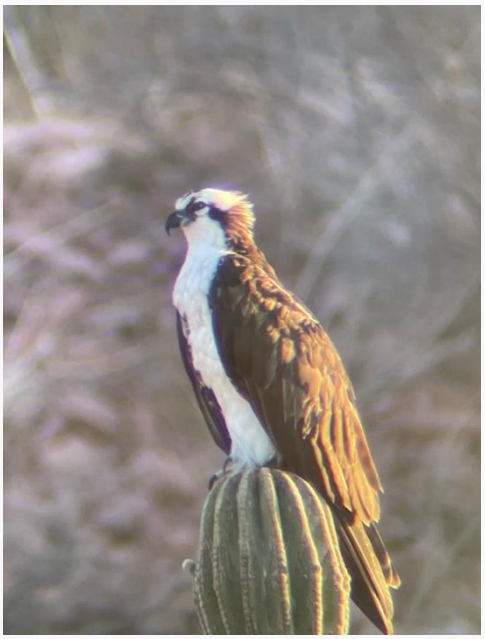


Torote



Matacora

4.3. Fauna representativa



Aguila pescadora



Huella de venado bura



Zorra gris

SITAG

Soluciones Integrales Tecnológicas,
Ambientales y Geográficas

Soluciones Integrales Tecnológicas, Ambientales y Geográficas

33 13 18 20 22

direccion.sitag@gmail.com

MAYO

2025

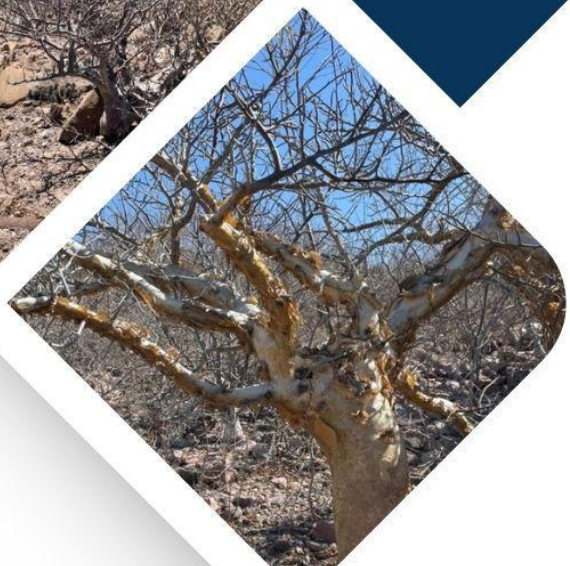
SITAG

Soluciones Integrales Tecnológicas, Ambientales y Geográficas









ESTUDIO TECNICO JUSTIFICATIVO PARA CAMBIO DE USOS DE SUELO

PROYECTO

PUNTA LA PAZ

PROMOVENTE:
LA PAZ PARTNERS" S. de R.L. de C.V.,

LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO.

III.2.1 Vegetación

El estado de Baja California Sur se caracteriza por contar con una vegetación propia de zonas áridas, se conforma por especies adaptadas a este ambiente en el que soportan altas temperaturas y períodos muy largos sin precipitación; siendo los tipos de vegetación de mayor cobertura geográfica el matorral xerófilo y sarcocaule, la selva baja caducifolia hacia el sur del estado y bosques de encino, pino-encino y pino ubicados en las regiones serranas por arriba de los 1,000 msnm (Álvarez-Borrego, 1983; Rzedowski, 1983). La flora de la región se compone de más de 700 especies de las familias Asteraceae, Fabaceae, Euphorbiaceae, Malva ceae, Convolvulaceae, Poaceae, Solanaceae, Cyperaceae, Cactaceae, Nyctaginaceae, Compositae, Leguminosae y Graminae (León de la Luz et al., 1996,2008; Rebman y Roberts, 2012; Roberts, 1989; Rzedowski, 1983).

De acuerdo a la información contenida en la capa vectorial de "Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250,000, Serie VI" del INEGI, se encontró que, en la unidad hidrológica forestal del predio Punta La Paz, el tipo de vegetación predominante y/o usos de suelo existente es Matorral Sarcocaule (MSC).

Esto es porque la unidad hidrológica forestal del predio se encuentra enclavada en una de las dos áreas discontinuas del Desierto Sonorense en el extremo sur peninsular o región del Cabo; esta superficie discontinua pertenece a la subprovincia florística de la costa central del Golfo De California, que se extiende como una estrecha franja costera por toda la costa oriental de Baja California Sur y la costa centro-sur del estado de Sonora y cubre también todas las islas del Golfo de California (León de la Luz, et al., 2013).

III.2.1.1 Tipo de vegetación

El tipo de vegetación predominante en la unidad hidrológica forestal del predio es Matorral Sarcocaule (MSC), caracterizado por la dominancia de arbustos de tallos carnosos, gruesos frecuentemente retorcidos y algunos con corteza papirácea. (INEGI, 2009). Los matorrales sarcocaules se encuentran sobre terrenos rocosos y suelos someros de las regiones costeras, siendo el matorral más abundante en el estado. (CONAFOR. 2015). Algunas de las especies representativas son: *Jatropha cuneata* (matacora), *Bursera microphylla* (torote rojo), *Pachycereus pringlei* (cardón pelón), *P. thurberi* (pitaya dulce), *Stenocereus gummosus* (pitaya agria),

Cyrtocarpa edulis (ciruelo) y *Fouquieria diguetii* (palo Adán). Un estrato arbustivo bajo lo integran especies dominantes como: *Ruellia peninsularis* (chamizo), *Calliandra peninsularis* (tabardillo), *Lippia palmeri palmeri* (orégano), *Euphorbia magdalenae* (golondrinón) y *Melochia tomentosa* (malva rosa). Este tipo de vegetación es el más abundante en la unidad hidrológica forestal del predio, dado el relieve abrupto y los suelos poco profundos característicos del mismo.

En los sitios de muestreo dentro del predio Punta La Paz no se identificó vegetación de manglar, sin embargo, este tipo de vegetación se encuentra en la parte este del predio, donde se observa mangle rojo y blanco; como se puede observar en el Mapa 3, se observó que en general se encuentra en buen estado de conservación, pero es necesario mencionar que existe actividad antropogénica que se ve afectado algunas zonas debido a la contaminación por basura.



III. 2.1.2 Caracterización de la vegetación

La caracterización de la vegetación se realizó en base a los trabajos de campo, donde se analizó la composición florística y el estado de conservación de las especies presentes en el predio Punta La Paz, tomando en cuenta también la presencia de especies que se encuentran en la Norma Oficial Mexicana NOM 059 SEMARNAT 2025 y la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

Metodología para el estudio de la vegetación.

Tamaño de muestra

Para la definición de las áreas de levantamiento de flora se utilizó la herramienta de Muestreo Sistemático del Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollado para el presente estudio, esta herramienta permite crear entidades que se utilizan como ubicaciones de muestreo o áreas de agregación. La herramienta nos permite crear una malla de polígonos cuadrados dentro de una extensión del territorio. El muestreo sistemático es útil para garantizar que no se muestrean más secciones del área de estudio que otras, lo que suele ser deseable cuando el objetivo es crear un mapa de las muestras en lugar de hacer inferencias sobre toda el área de estudio.

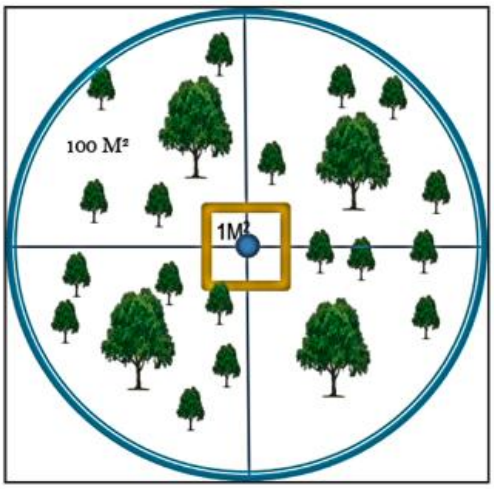
Para este proyecto se tomó como referencias el límite del predio para determinar una malla de 100x100 metros, con el objetivo de cubrir en su totalidad las áreas consideradas para el cambio de uso de suelo, resultando el siguiente cubrimiento general.

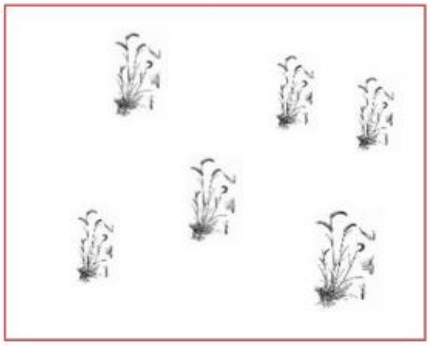
Diseño del muestreo

Una vez que se tuvo el material cartográfico, la malla 100x100 metros y la distribución de puntos sobre el área de estudio, se planteó el desarrollo de un muestreo sistemático dirigido, en el que se eligieron 40 puntos de los distribuidos homogéneamente sobre la superficie total del predio, considerando cubrir toda la superficie.

Los sitios de muestreo fueron de forma circular de 100 m2 para el estrato arbustivo (radio de 5.64 m lineales), y de 1 m^2 para las especies herbáceas. En cada sitio de muestreo se registró el tipo de vegetación, altitud, coordenadas UTM, así como los estratos presentes y las especies florísticas que integran cada uno de ellos, posteriormente su identificación florística con nombre científico y las mediciones dasométricas correspondientes, tales como número de individuos por especie, diámetro y altura total. La fecha de levantamiento de datos dasométricos se realizó en marzo del 2025.

Los materiales utilizados en campo fueron cuerda de 20 m, flexómetro, estacas, catálogo de fotografías de especies, geoposicionador, cámara fotográfica, entre otros.





Estimación del tamaño de muestra

Se realizó un análisis previo de las condiciones del sitio de muestreo en donde se encontraron datos de la vegetación arbustiva, herbácea y poca o nula presencia del estrato arbóreo. Bajo esta información se planteó la forma y tamaño de los sitios a muestrear. La Unidad de Muestreo fueron sitios de 100 m^2 de forma circular por la facilidad de su trazo, así como las características de la vegetación que permiten una buena medición al carecer de arbolado y permitir la movilidad entre los individuos para efectuar las mediciones. Para el marco de muestreo bajo una intensidad planteada de 0.75% se determinaron 40 sitios de acuerdo con la siguiente fórmula:

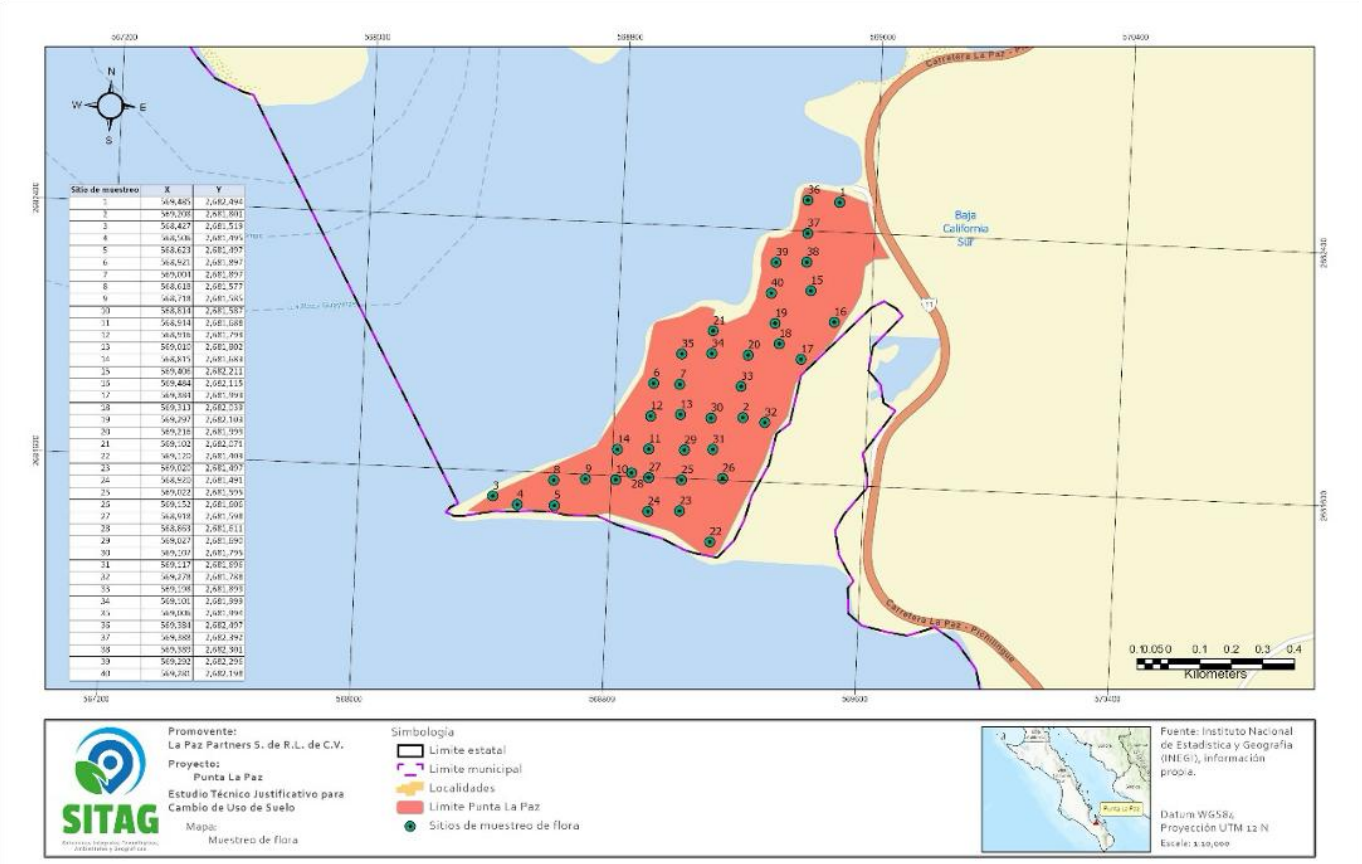
Dónde:
n = Número de sitios
I.M.= Intensidad de muestreo
A= Superficie total
T.S.= Tamaño de los sitios de muestreo

De acuerdo con Carrillo Espinosa, Guillermo 1991, las intensidades de muestreo más comunes varían en el rango del 0.004 – 0.4 o su expresión en porcentaje del 0.4%-4%.

El siguiente cuadro muestra las coordenadas de los sitios de muestreo, Zona 12N UTM, DATUM WGS 84

Sitio de muestreo	Coordenada UTM	
	X	Y
1	569,485	2,682,494

2	569,208	2,681,801
3	568,427	2,681,519
4	568,506	2,681,495
5	568,623	2,681,497
6	568,921	2,681,897
7	569,004	2,681,897
8	568,618	2,681,577
9	568,718	2,681,585
10	568,814	2,681,587
11	568,914	2,681,688
12	568,916	2,681,793
13	569,010	2,681,802
14	568,815	2,681,683
15	569,406	2,682,211
16	569,484	2,682,115
17	569,384	2,681,993
18	569,313	2,682,039
19	569,297	2,682,103
20	569,216	2,681,999
21	569,102	2,682,071
22	569,120	2,681,403
23	569,020	2,681,497
24	568,920	2,681,491
25	569,022	2,681,595
26	569,152	2,681,606
27	568,918	2,681,598
28	568,863	2,681,611
29	569,027	2,681,690
30	569,107	2,681,795
31	569,117	2,681,696
32	569,278	2,681,788
33	569,198	2,681,899
34	569,101	2,681,999
35	569,006	2,681,994
36	569,384	2,682,497
37	569,388	2,682,392
38	569,389	2,682,301
39	569,292	2,682,296
40	569,281	2,682,198



Mapa 18 Sitios de muestreo de flora

Como resultado del muestreo realizado se identificaron las siguientes especies:

Nombre cientifico	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2025	Lista IUCN
Cylindropuntia alcahes (F.A.C. Weber) F.M. Knuth.	Clavellina		
A. Sobria Brandegee	Agave		
Acacia goldmani	Dai		
Ambrosia monogyra	Romerillon		
Antogonon leptopus	San Miguelito		
Aristida adscensionis	Zacate tres Aristas		
Bursera epinnata (Rose) Engler	Copal		
Bursera microphylla	Torote		
Caesalpinnia arenosa	Palo Estaca		
Cylindropuntia cholla Weber	Choya Pelona		
Cyrtocarpa edulis (Brandegee) Standl.	Ciruelo Silvestre		
Echinocereus brandegeei (Coulter) K. Schumm.	Casa de Rata		

Encelia farinosa	Incienso		
Euphorbia lomelii V.W.Steinm.	Candelilla		
Fouqueria diguetii	Palo Adán		
Jatropha cuneata	Matacora		
Lycium brevipes	Frutilla		
Mammillaria Fraileana	Viejito		
Olneya tesota	Uña de Gato	Sujeta a protección especial	Especie Amenazada
Pachycereus pringlei (S.Watson) Britton & Rose	Cardón		
Phaulothamnus spinescens A.Gray	Casa de Cochi		
Ruellia californica	Rama Parda		
Sesuvium portulcastrum	Verdolaga de Playa		
Simmondsia chinensis	Jojoba		
Stenocereus gummosus	Pitaya Agria		
Stenocereus thurberi	Pitaya Dulce		











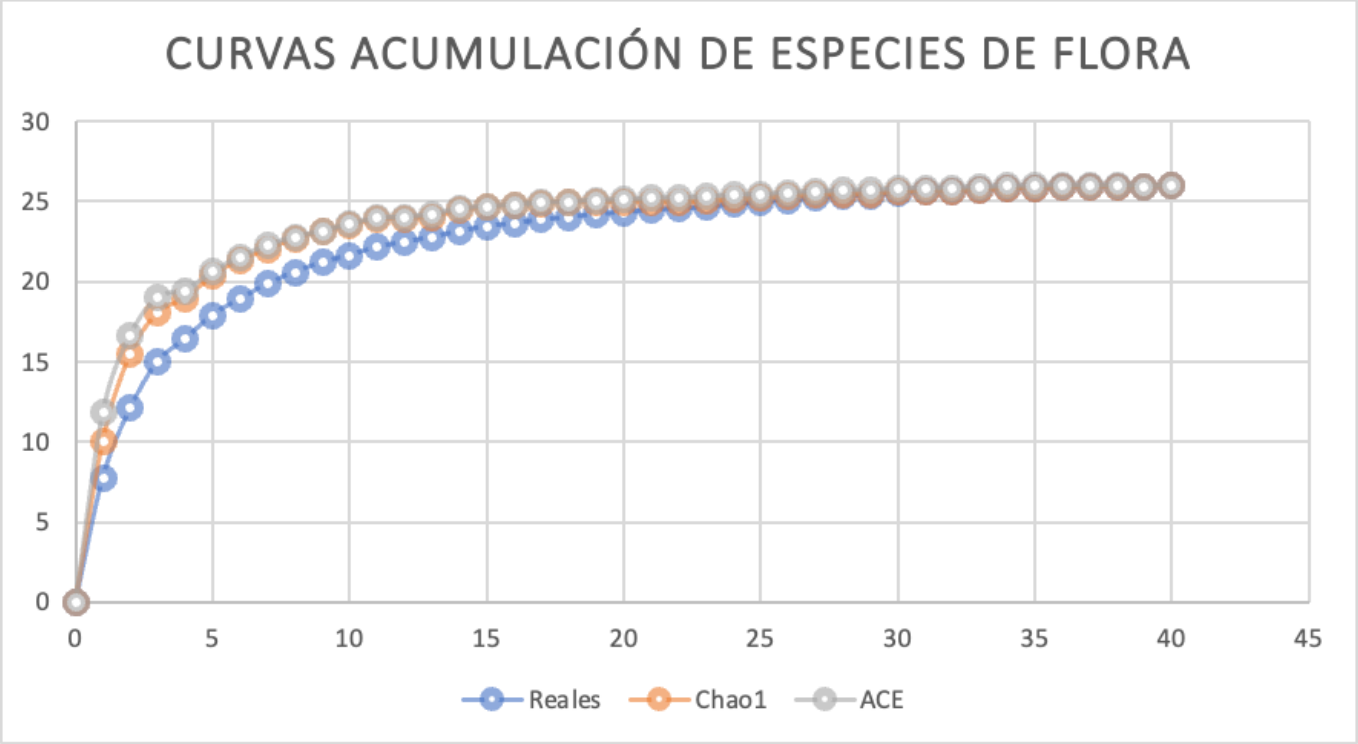


Curvas de acumulación de especies

Para evaluar que los datos levantados sean significativos con respecto a la representación de especies dentro del predio, se procedió a realizar un análisis de curva de acumulación de especies el cual consiste en conocer la riqueza de especies total de una comunidad. Estas curvas muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de recolecta en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual por más que se recolecta, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota.

En la curva de colecta de especies, la incorporación de nuevas especies al inventario se relaciona con alguna medida del esfuerzo de muestreo. Cuanto mayor sea este esfuerzo, mayor será el número de especies colectadas.

Se realizó el análisis en el programa EstimateS bajo los parámetros colectados resultando preliminarmente la siguiente gráfica para flora.



En cuanto a la eficiencia del muestreo se presenta el siguiente cuadro con información que refleja que para la flora muestreada la eficiencia se calculó en un 100% para los dos estimadores mostrados Chao 1 y ACE al número de sitio colectados lo cual se presenta en la siguiente tabla.

Sitio	Reales	Chao1	ACE	Eficiencia CHAO	Eficiencia ACE
0	0	0	0		
1	7.75	10.07	11.84	77%	65%
2	12.09	15.46	16.65	78%	73%
3	14.99	18.02	18.99	83%	79%
4	16.4	18.94	19.43	87%	84%
5	17.91	20.33	20.59	88%	87%
6	18.89	21.35	21.53	88%	88%
7	19.84	21.96	22.24	90%	89%
8	20.58	22.69	22.77	91%	90%
9	21.18	23.08	23.13	92%	92%
10	21.63	23.53	23.57	92%	92%
11	22.13	23.86	23.94	93%	92%
12	22.44	23.93	24.01	94%	93%
13	22.76	24.01	24.19	95%	94%
14	23.11	24.42	24.53	95%	94%
15	23.43	24.62	24.68	95%	95%
16	23.61	24.79	24.76	95%	95%
17	23.84	24.87	24.9	96%	96%
18	23.99	24.98	24.95	96%	96%
19	24.18	24.95	25.08	97%	96%
20	24.29	24.97	25.09	97%	97%
21	24.46	24.95	25.19	98%	97%
22	24.53	24.92	25.23	98%	97%
23	24.62	24.99	25.28	99%	97%
24	24.8	25.1	25.39	99%	98%
25	24.92	25.2	25.41	99%	98%
26	25.08	25.33	25.55	99%	98%
27	25.18	25.37	25.59	99%	98%
28	25.33	25.45	25.69	100%	99%
29	25.36	25.46	25.69	100%	99%
30	25.49	25.58	25.78	100%	99%
31	25.57	25.62	25.82	100%	99%
32	25.61	25.65	25.84	100%	99%

33	25.68	25.7	25.87	100%	99%
34	25.77	25.79	25.95	100%	99%
35	25.81	25.81	25.95	100%	99%
36	25.87	25.87	25.98	100%	100%
37	25.89	25.89	25.98	100%	100%
38	25.92	25.92	25.98	100%	100%
39	25.92	25.92	25.94	100%	100%
40	26	26	26	100%	100%

Evaluación de la vegetación

Para evaluar la vegetación se registraron las especies que cayeran dentro de la circunferencia del diseño de muestreo en la cual se registró por medio de un formato de levantamiento de vegetación. Las especies encontradas durante el muestreo se registraron la forma de vida que presentaba: Herbácea, Arbusto, Árbol, Trepadora o Suculenta. Cada registro de cada especie se consideró el nombre común, para su determinación se tomó una foto registrando los siguientes partes: Floración, Fruto, Hoja y Tallo. Posteriormente se llevó su identificación por medio de comparación por medio de diferentes fuentes digitales y bibliográficas. La información recopilada dentro del muestreo fue capturada en una base de datos en la cual se determinó los siguientes Índices: Abundancia, Diversidad, Frecuencia, Dominancia y valor de importancia (IVI).

Índices de evaluación de vegetación

El análisis estructural de vegetación nos permite conocer el comportamiento de los árboles y las especies que se encuentran dentro de una superficie. Esta estructura puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo de su importancia ecológica dentro del ecosistema. Es por ello que se necesita conocer algunos términos para este estudio.

Abundancia. Hace referencia al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos. Se distingue la abundancia absoluta (número de individuos por especie) y la abundancia relativa (proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos del ecosistema). (Lamprecht, 1990)

Abundancia absoluta (Aba) = número de individuos por especie con respecto al número total de individuos encontrados en el área de estudio (ni).

Abundancia relativa (Ab%)

Ab% = (ni / N) x 100 Ec. (1)

Donde:

ni = Número de individuos de la iésima especie

N = Número de individuos totales en la muestra

Frecuencia. Permite determinar el número de parcelas en que aparece una determinada especie, en relación al total de parcelas inventariadas, o existencia o ausencia de una determinada especie en una parcela.

La abundancia absoluta se expresa como un porcentaje (100% = existencia de la especie en todas las parcelas), la frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies.

Frecuencia absoluta (Fra) = Porcentaje de parcelas en las que aparece una especie, 100% = existencia de la especie en todas las parcelas.

Frecuencia absoluta (FrA)

FrA = (Fi / Ft) x 100 Ec. (3)

Frecuencia relativa (Fr%)

Fr% =(FrAni / FrAt) x 100 Ec. (4)

Donde:

Fi = Frecuencia absoluta de la iésima especie

Ft = Total de las frecuencias en el muestreo

Dominancia: Se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en el suelo. Debido a que la estructura vertical de los bosques naturales tropicales es bastante compleja, la determinación de las proyecciones de las copas de los árboles resulta difícil y a veces imposible de realizar; por esta razón se utiliza las áreas básales, debido a que existe una correlación lineal alta entre el diámetro de la copa y el fuste.

Bajo este esquema la dominancia absoluta es la sumatoria de las áreas básales de los individuos de una especie sobre el área especificada y expresada en metros cuadrados y la dominancia

relativa es la relación expresada en porcentaje entre la dominancia absoluta de una especie cualquiera y el total de las dominancias absolutas de las especies consideradas en el área inventariada.

Dominancia absoluta (*Da*)

Da = Gi/Gt Ec. (5)

Donde:

Gi = Área basal en m2 para la iésima especie

Gt = Área basal en m2 de todas las especies

Dominancia relativa (D%) Ec. (6)

D% = (DaS / DaT) x 100 E c. (5)

Donde:

DaS = Dominancia absoluta de una especie

DaT = Dominancia absoluta de todas las especies

Índice de Valor de Importancia: El índice de valor de importancia es un parámetro que mide el valor de las especies, típicamente, en base a tres parámetros principales: dominancia (ya sea en forma de cobertura o área basal), densidad y frecuencia. El índice de valor de importancia (I.V.I.) es la suma de estos tres parámetros. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal. El I.V.I. es un mejor descriptor que cualquiera de los parámetros utilizados individualmente.

Para obtener el I.V.I., es necesario transformar los datos de cobertura, densidad y frecuencia en valores relativos. La suma total de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100. Por lo tanto, la suma total de los valores del I.V.I. debe ser igual a 300.

I.V.I=AR+FR+DR Ec. (7)

Donde:

AR= Abundancia Relativa

FR: Frecuencia Relativa

DR: Dominancia Relativa

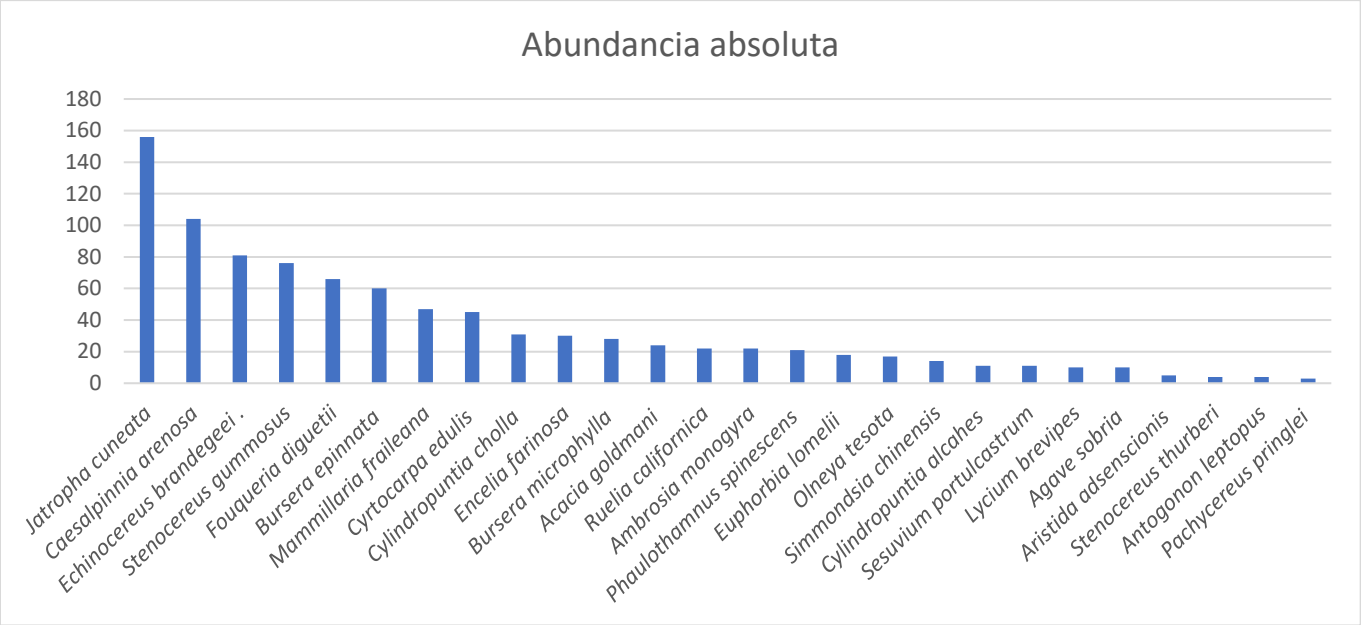
III. 2.1.3 Análisis de diversidad de la vegetación

De acuerdo al análisis realizado, para el predio Punta La Paz, se obtuvo un registro de 26 especies, con una diversidad de 2.84 de acuerdo al Índice Diversidad de Shannon- Wiener.

Especies	**No de Individuos**
A. Sobria Brandegee	10
Euphorbia lomelii	18
Pachycereus pringlei	3
Phaulothamnus spinescens	21
Echinocereus brandegeei	81
Cylindropuntia cholla	31
Cyrtocarpa edulis	45
Cylindropuntia alcahes	11
Bursera epinnata	60
Acacia goldmani	24
Lycium brevipes	10
Encelia farinosa	30
Simmondsia chinensis	14
Jatropha cuneata	156
Fouquieria diguetii	66
Caesalpinnia arenosa	104
Stenocereus gummosus	76
Stenocereus thurberi	4
Ruellia californica	22
Ambrosia monogyra	22
Antogonon leptopus	4
Bursera microphylla	28
Olneya tesota	17
Sesuvium portulcastrum	11
Mammillaria fraileana	47
Aristida adscensionis	5
Total	**920**
Índice de biodiversidad **Shannon- Wiener**	**2.84**

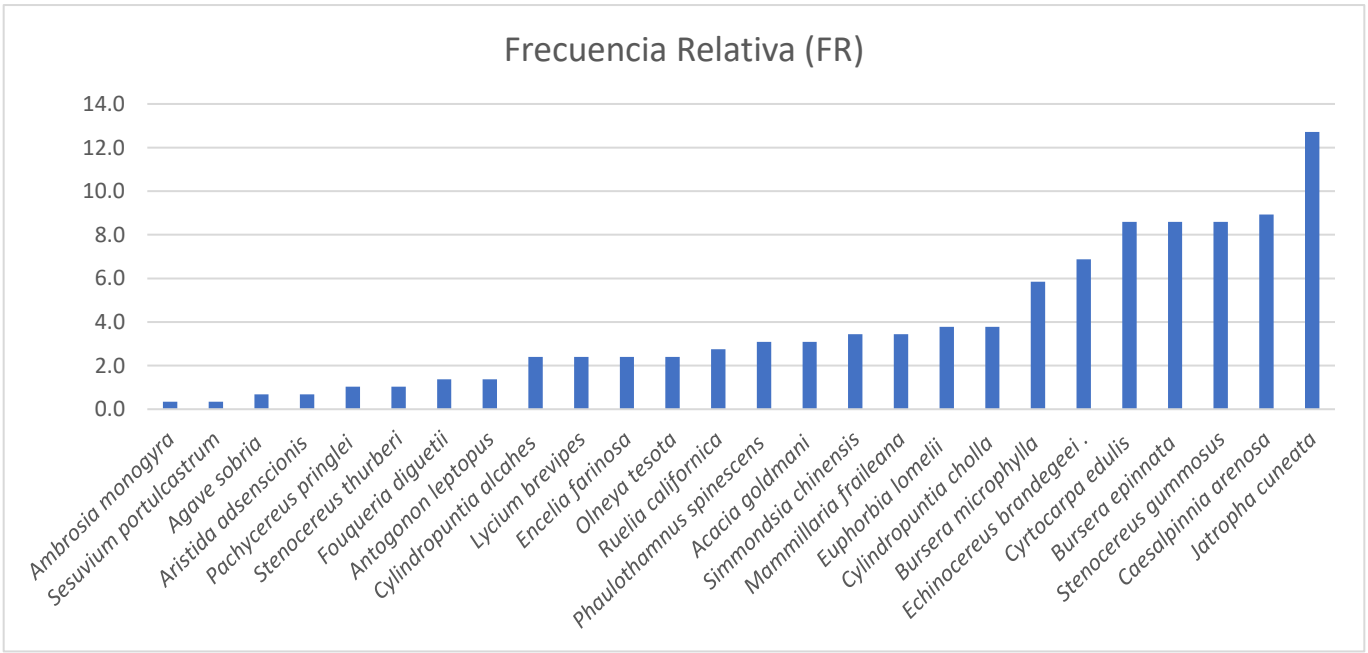
Abundancia

En el presente estudio se obtuvo un registro de 920 individuos, siendo la mayor especie encontrada *Jatropha cuneata*, *Caesalpinnia arenosa, Echinocereus brandegeei , Stenocereus gummosus, Fouqueria diguetii, Bursera epinnata, Mammillaria Fraileana y Cyrtocarpa edulis*



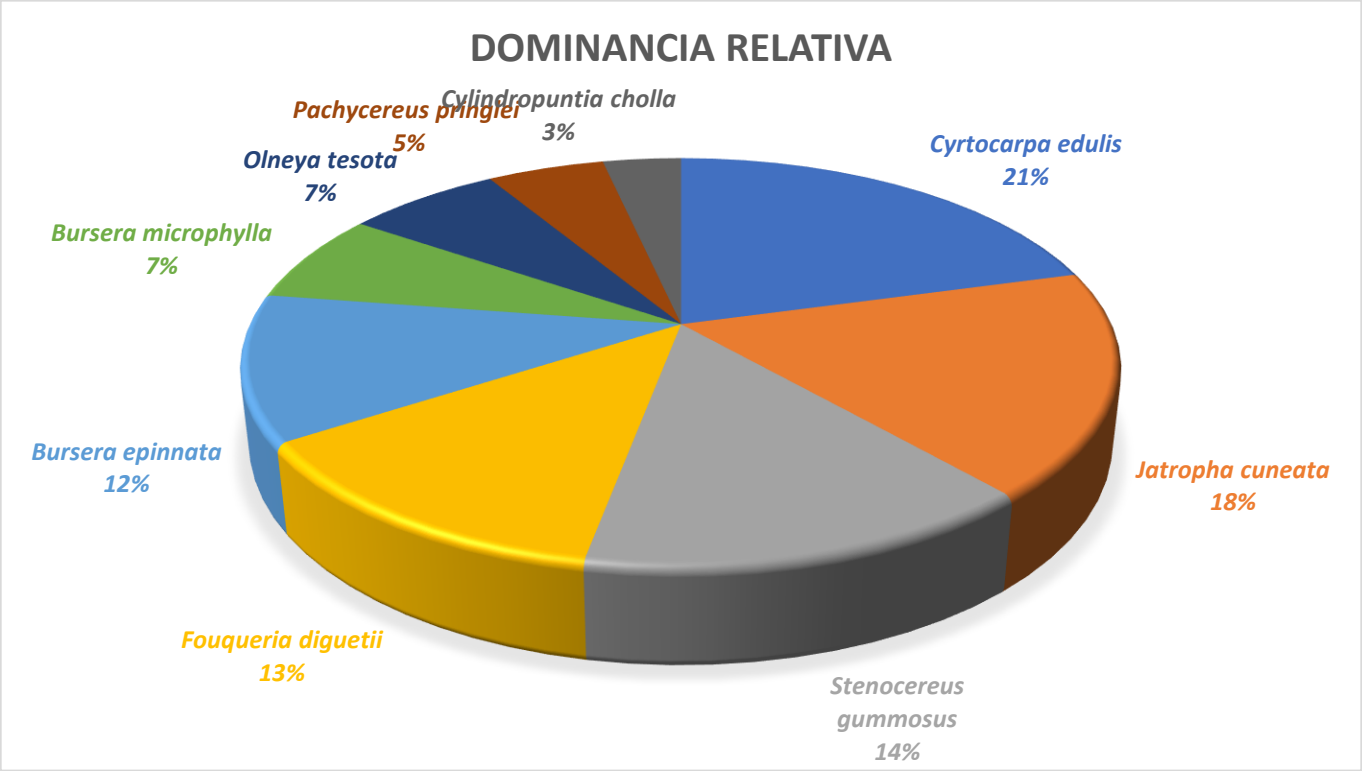
Frecuencia

Dentro del análisis de la frecuencia relativa encontrada se encontrados en el área de estudio que la mayor especie encontrada fue *Jatropha cuneata*, *Caesalpinnia arenosa, Stenocereus gummosus y Bursera epinnata*



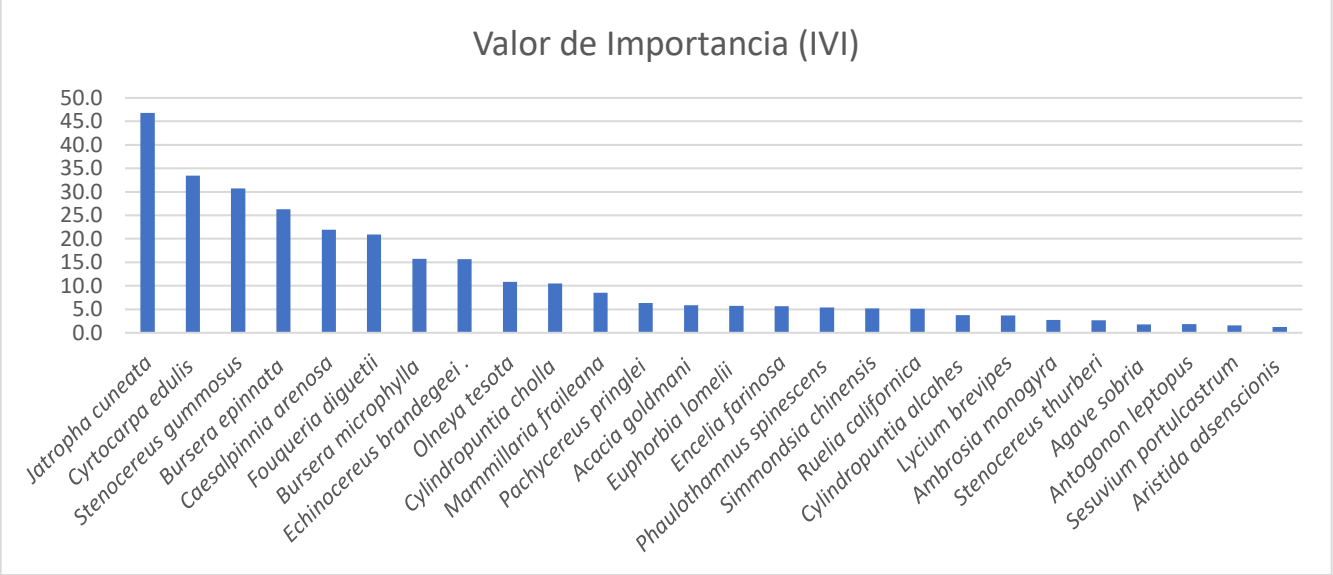
Dominancia

El análisis de la dominancia permite determinar la cobertura de las especies las cuales se están manifestando dentro del sitio por el espacio ocupado por ellas. Dentro del predio Punta La Paz se encuentra representado con un 18% por *Jatropha cuneata*, 14% *Stenocereus gummosus y con 13% , Fouqueria diguetii.*



Índice de importancia

La siguiente gráfica representa los índices de valor de importancia de las especies encontradas en el predio Punta La Paz. *Jatropha cuneata*, *Cyrtocarpa edulis*, *Stenocereus gummosus, Bursera epinnata y Caesalpinnia arenosa y Fouqueria diguetii* obtuvieron un índice de importancia alta.



III. 2.2 Caracterización de la fauna

Las condiciones geológicas particulares de la península de Baja California Sur, sus microclimas, la influencia de las corrientes oceánicas, la variación latitudinal y altitudinal, entre otros; han conformado un conjunto de factores tanto bióticos como abióticos en el que los hábitats resultantes presentan condiciones de heterogeneidad que han limitado el movimiento de las poblaciones, forzándolas a evolucionar de forma diferencial, lo que ha dado lugar a un elevado endemismo en la región (Álvarez-Castañeda y Patton, 1999, 2000; Hall, 1981; Nelson, 1922). Como resultado, el estado de Baja California Sur conforma un área de gran diversidad y endemismos de especies de fauna silvestre y marinos (Álvarez-Castañeda y Patton, 1999).

Baja California Sur es el estado mexicano de mayor extensión costera; conforma un área de gran diversidad y endemismos de especies y subespecies de mamíferos terrestres y marinos, cuenta con 30 familias, 69 géneros y 104 especies, de las cuales 11 son endémicas. Baja California Sur es considerado como una de las regiones prioritarias para la conservación a nivel internacional.

Como se comentó anteriormente la acentuada orografía del estado permite una gran variedad de microhábitats, lo que genera una diversidad de ambientes, así como de flora y fauna. Principalmente encontramos fauna adaptada a los ecosistemas áridos presentes en la mayor parte del territorio, debido a la baja disponibilidad de agua dulce, además de una densidad baja en las poblaciones relacionada con la poca disponibilidad de recursos. Todas estas características intrínsecas del territorio promueven la especialización de las especies a su hábitat, dando lugar a las especies endémicas, variedades o subespecies.

El territorio de Baja California Sur cuenta con una gran biodiversidad de fauna, gracias a la variada geografía que incluye desiertos, montañas, lagunas y costas; esta diversidad de ambientes permite la existencia de una gran variedad de especies que han desarrollado adaptaciones únicas para prosperar en estos entornos.

Mamíferos Terrestres.

La región alberga especies como el Berrendo Peninsular (Antilocapra americana peninsularis), un antílope en peligro de extinción adaptado a los desiertos, y el Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis nelsoni*), conocido por sus habilidades para escalar y sobrevivir en los terrenos montañosos más áridos. También se encuentran mamíferos pequeños como roedores, liebres y conejos y medianos como el coyote, zorras grises, cacomixtle (*Bassariscus astutus*), que es nocturno y muy ágil.

Aves

Las aves son uno de los grupos más diversos y visibles. Entre ellas, el Águila Real (*Aquila chrysaetos*) se destaca por su majestuosidad en las montañas, mientras que en las zonas costeras se pueden observar el Pelícano Pardo (*Pelecanus occidentalis*) y la Gaviota Patiamarilla (*Larus livens*).

Reptiles

La península de Baja California es hogar de una impresionante variedad de reptiles. La Iguana de Cola Espinosa (Ctenosaura hemilopha) se encuentra en zonas áridas. la Lagartija de Isla San Esteban (Urosaurus auriculatus) es endémica y ha desarrollado características únicas para la vida en islas.

Especies marinas.

El Mar de Cortés es conocido como "el acuario del mundo" debido a su vasta biodiversidad marina. Aquí, especies como el Tiburón Ballena (*Rhincodon typus*), la Ballena Gris (*Eschrichtius robustus*) y diversas especies de delfines y tortugas marinas encuentran un refugio ideal. Estas aguas son ricas en peces y otros organismos marinos, lo que las hace cruciales para la pesca y el ecoturismo.

El Estado de Baja California Sur ocupa el puesto 21 entre los 32 estados a nivel nacional en cuanto a biodiversidad de fauna silvestre. El inventario de fauna silvestre de la entidad es alrededor de 2,159 especies: 1,250 especies de invertebrados y 909 especies de vertebrados (100 especies de mamíferos, 415 de aves, 4 de anfibios, 84 reptiles y 306 de peces).

IV.2.2 Caracterización de la fauna

El área sujeta a cambio de uso es una pequeña península rocosa con muchos lomeríos y pendientes pronunciadas rodeada en tres de sus flancos por el mar, es una zona muy seca con vegetación xerófila por lo cual no puede sostener una gran cantidad de fauna terrestre sobre todo de mamíferos mayores; ya que cuenta con una disponibilidad baja de recursos, otro aspecto importante a destacar es que de manera natural no cuenta con fuentes de agua dulce permanentes. Todos estos elementos hacen que la fauna silvestre presente en la zona no sea muy abundante. Adicionalmente a lo anteriormente señalado, la carretera que va hacia balandra divide el terreno mencionado de la porción continental, limitando el movimiento de la fauna, sobre todo los vertebrados pequeños.

Para conocer la composición faunística del predio se utilizaron los puntos de muestreo definidos para la composición florística, en donde se realizó un muestreo dirigido delimitando cuarenta puntos de forma circular distribuidos de manera homogénea en el predio; utilizando las técnicas de observación directa, identificación de huellas y rastros, estaciones olfativas así como la instalación de cámaras trampa.

Para el desarrollo de este proyecto revisaremos los métodos de monitoreo de fauna, empleados en este proyecto, evaluando su efectividad y aplicabilidad.

La observación directa es uno de los métodos más antiguos y a la vez efectivos para el monitoreo de la fauna. Este enfoque implica la vigilancia en el hábitat natural de las especies para registrar su comportamiento, distribución y dinamicidad poblacional. La observación directa también puede llevarse a cabo de manera sistemática, utilizando protocolos de muestreo. Esto implica realizar visitas periódicas a los mismos puntos críticos y en diferentes condiciones ambientales. Por lo que se realizaron recorridos diurnos y nocturnos.

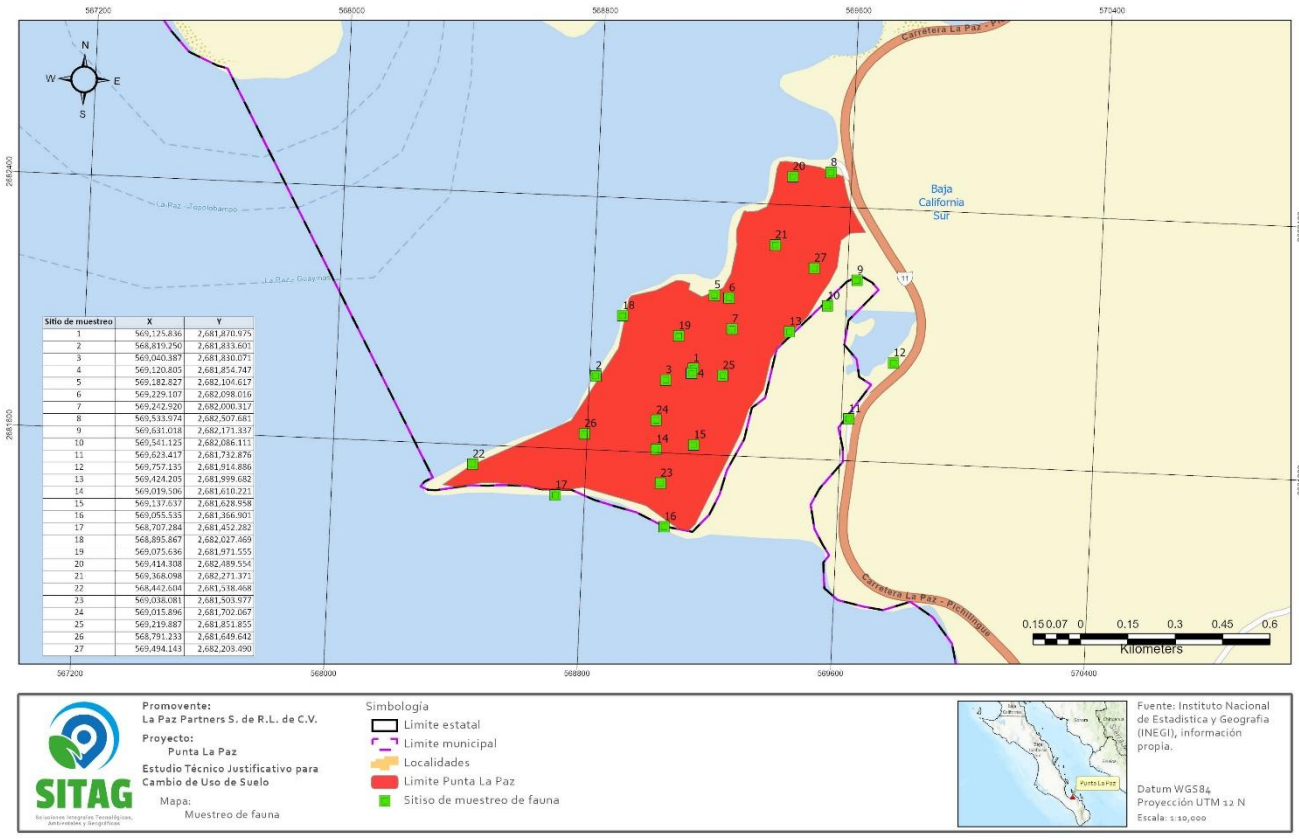
La identificación de huellas y rastros es una técnica tradicional utilizada en el monitoreo de mamíferos. Consiste en la búsqueda y registro de huellas, excrementos, madrigueras y otros signos dejados por los mamíferos en su hábitat. Estos rastros proporcionan información sobre la presencia de las especies.

Las cámaras trampa han revolucionado la forma en que monitorizamos la fauna. Estos dispositivos, que se activan automáticamente ante la detección de movimiento, permiten

capturar imágenes y videos de animales en su hábitat natural sin necesidad de la presencia humana. Este enfoque ha demostrado ser extremadamente valioso en la investigación de especies difíciles de observar directamente, ya que minimiza el impacto humano y ofrece registros de comportamiento en tiempo real, brindando una visión sin precedentes del secreto mundo animal.

Estaciones olfativas se basa en el uso de atrayentes olorosos que permiten que los animales se acerquen a las estaciones de registro de huellas. Se instala un número definido de estaciones dispuestas a distancia constante a lo largo de líneas o transectos. Cada estación estuvo formada por una superficie circular de tierra tamizada de un metro de diámetro, con el atrayente ubicado en su centro.

Al utilizar como guía los sitios de muestreo de flora y con las técnicas antes mencionadas, al ir encontrando evidencia de la fauna se fueron georreferenciando los sitios, los cuales se muestran en el siguiente mapa.



Sitio de muestreo	X	Y
1	569,125.836	2,681,870.975
2	568,819.250	2,681,833.601
3	569,040.387	2,681,830.071
4	569,120.805	2,681,854.747
5	569,182.827	2,682,104.617
6	569,229.107	2,682,098.016
7	569,242.920	2,682,000.317
8	569,533.974	2,682,507.681
9	569,631.018	2,682,171.337
10	569,541.125	2,682,086.111
11	569,623.417	2,681,732.876
12	569,757.135	2,681,914.886
13	569,424.205	2,681,999.682
14	569,019.506	2,681,610.221
15	569,137.637	2,681,628.958
16	569,055.535	2,681,366.901
17	568,707.284	2,681,452.282
18	568,895.867	2,682,027.469
19	569,075.636	2,681,971.555
20	569,414.308	2,682,489.554
21	569,368.098	2,682,271.371
22	568,442.604	2,681,538.468
23	569,038.081	2,681,503.977
24	569,015.896	2,681,702.067
25	569,219.887	2,681,851.855
26	568,791.233	2,681,649.642
27	569,494.143	2,682,203.490

Mapa 19 Sitios de muestreo e identificación de fauna

El siguiente cuadro muestra las coordenadas de los sitios de muestreo de fauna y donde se encontraron evidencias de fauna , Zona 12N UTM, DATUM WGS 84

Sitio de muestreo	X	Y
1	569,125.836	2,681,870.975
2	568,819.250	2,681,833.601
3	569,040.387	2,681,830.071
4	569,120.805	2,681,854.747
5	569,182.827	2,682,104.617
6	569,229.107	2,682,098.016
7	569,242.920	2,682,000.317
8	569,533.974	2,682,507.681
9	569,631.018	2,682,171.337
10	569,541.125	2,682,086.111
11	569,623.417	2,681,732.876
12	569,757.135	2,681,914.886
13	569,424.205	2,681,999.682
14	569,019.506	2,681,610.221
15	569,137.637	2,681,628.958
16	569,055.535	2,681,366.901
17	568,707.284	2,681,452.282
18	568,895.867	2,682,027.469
19	569,075.636	2,681,971.555
20	569,414.308	2,682,489.554
21	569,368.098	2,682,271.371
22	568,442.604	2,681,538.468
23	569,038.081	2,681,503.977
24	569,015.896	2,681,702.067
25	569,219.887	2,681,851.855
26	568,791.233	2,681,649.642
27	569,494.143	2,682,203.490

De manera natural pueden encontrarse pequeños vertebrados como lagomorfos y roedores, zorras grises, algunos reptiles como lagartijas y víboras, así como aves presentes en tierra firme y marinas. Es de esperarse encontrar principalmente vertebrados terrestres de talla pequeña a mediana por las características arriba señaladas.

Sin embargo, debido a la actividad antropogénica presente en el sitio desde hace algunos años en el que se construyó una estructura tipo palapa de concreto. así como algunas otras pequeñas estructuras permanentes en la zona de la playa el tesoro donde se introdujeron depósitos de agua dulce para uso doméstico, en los cuales se habilitaron pequeños reservorios de agua como bebederos para la fauna; lo que llevó a que especies de mayor tamaño y en mayor número se hicieran presentes en el sitio.

De esta manera y como resultado de los monitoreos de fauna realizados en el predio, se instalaron cámaras trampa y se pudo registrar la presencia de fauna mayor en particular venados, de los cuales al menos una se determinó que era hembra y contaba con una cría, así como al menos un par de zorras grises, los cuales quizás aprovechan la fuente de agua dulce del sitio para realizar sus actividades de manera permanente. También se registró la presencia de reptiles pequeños como lagartijas cola de látigo, roedores como los "juancitos", pequeñas aves como los gorriones, colibríes y una gran cantidad de aves marinas como gaviotas, petreles, pelícanos, etc.

A continuación, se anexa el listado de fauna registrada en los recorridos realizados en el terreno.

Nombre común	Nombre científico	Categoría de riesgo NOM 059
Mamíferos		
Coyote	*Canis latrans*	
Juancito	*Ammospermophilus leucurus*	
Liebre	*Lepus californicus*	
Venado bura	*Odocoileus hemionus*	
Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	
Ornitofauna		
Aguililla cola roja	*Buteo jamaicensis*	
Aguila pesacdora	*Pandion haliaetus*	
Gaviota plateada	*Larus argentatus*	
Calandria	*Icterus parisorum*	
Caracara quebrantahuesos	*Caracara cheriway*	
Cardenal	*Cardinalis cardinalis*	
Bolsero calandria	*Icterus bullockii*	
Chorlo pico grueso	*Charadrius wilsonia*	
Colibrí cabeza violeta	*Calypte costae*	
Cuervo común	*Corvus corax*	
Garza blanca	*Ardea alba*	
Gorrión chapulín	*Ammodramus savannarum*	
Carpintero del desierto	*Melanerpes uropygialis*	
Tórtola coquita	*Columbina passerina*	
Garza Nocturna Corona Clara	*Nyctanassa violacea*	
Rabiahorcado magnifico	*Fregata magnificens*	Amenazada
Garceta tricolor	*Egretta tricolor*	
Garceta nivea	*Egretta thula*	
Garza ceniza	*Ardea herodias*	
Paloma	*Zenaida asiatica*	
Zopilote	*Cathartes aura*	

Zacatonero garganta negra	*Amphispiza bilineata*	
Herpetofauna		
Víbora chirrionera	*Masticophis flagellum fulginosus*	
Huico	*Aspidoscelis hyperythra*	
Lagartija cola de látigo	*Aspidoscelis tigris*	

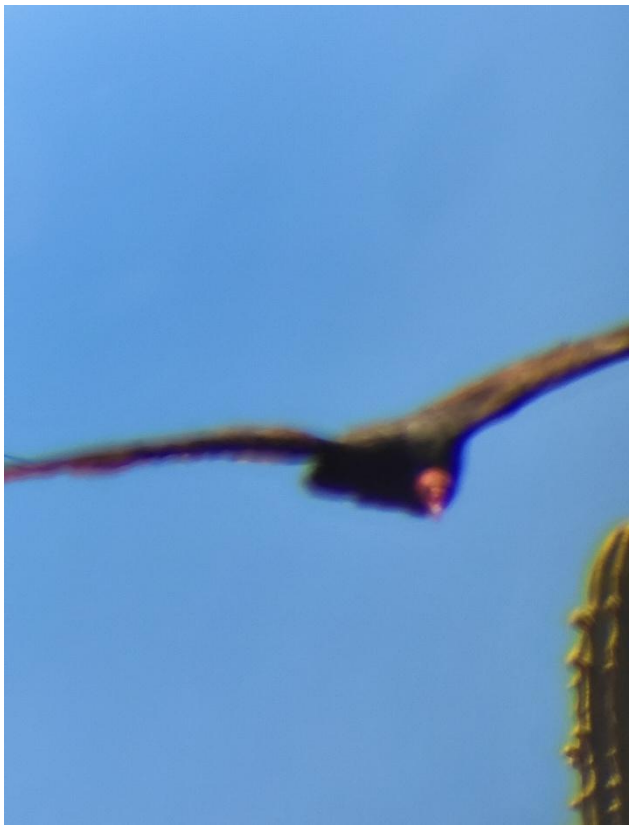


Imagen 2 Cathartes aura



Imagen 1 Ammospermophilus leucurus

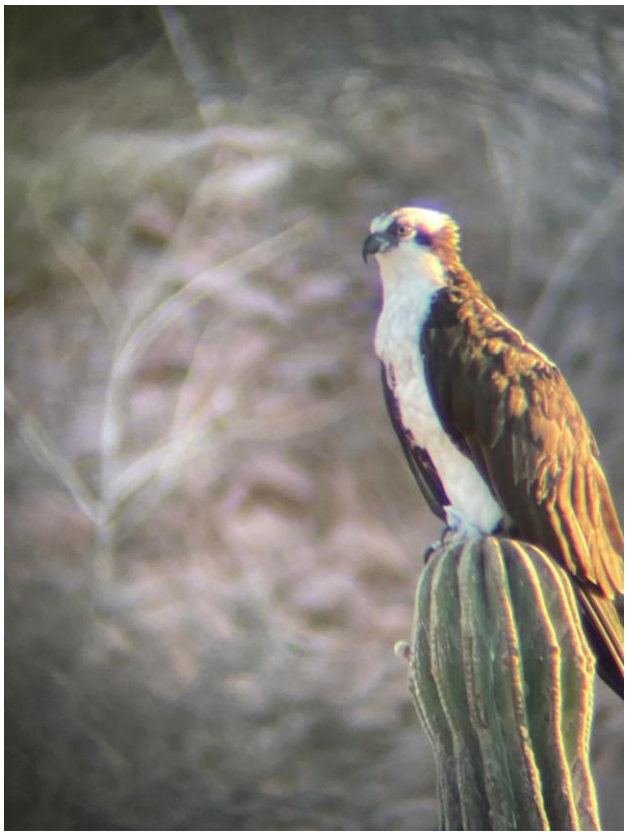


Imagen 3 Pandion haliaetus



Imagen 4 Urocyon cinereoargenteus

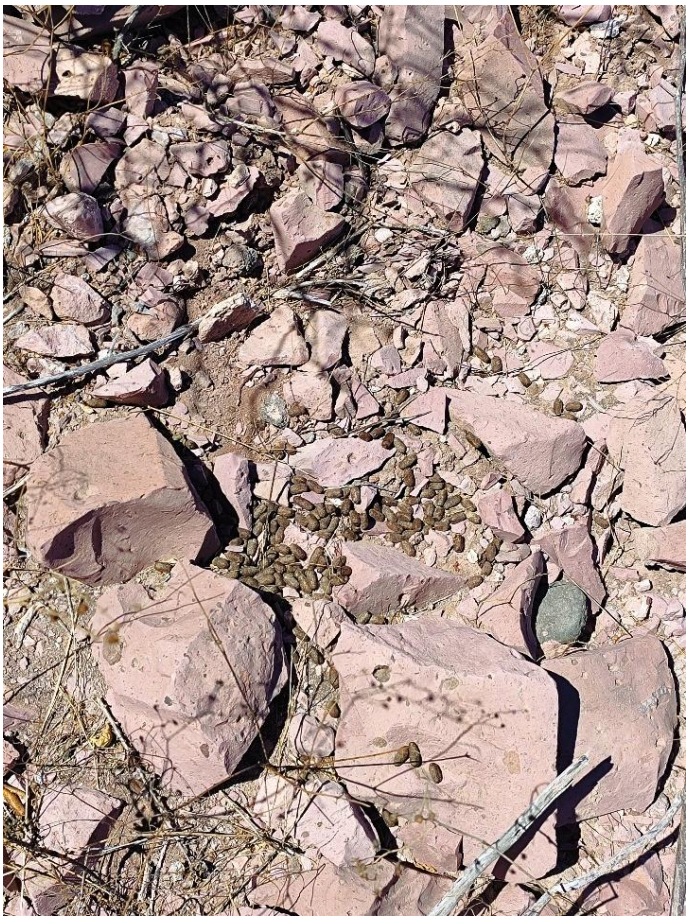


Imagen 5 Excretas de venado



Imagen 6 Huellas de Zorra



Imagen 7 Huellas de venado



Imagen 8 ***Ardea herodias***

2025

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL. PUNTA LA PAZ



ANEXO 4.3

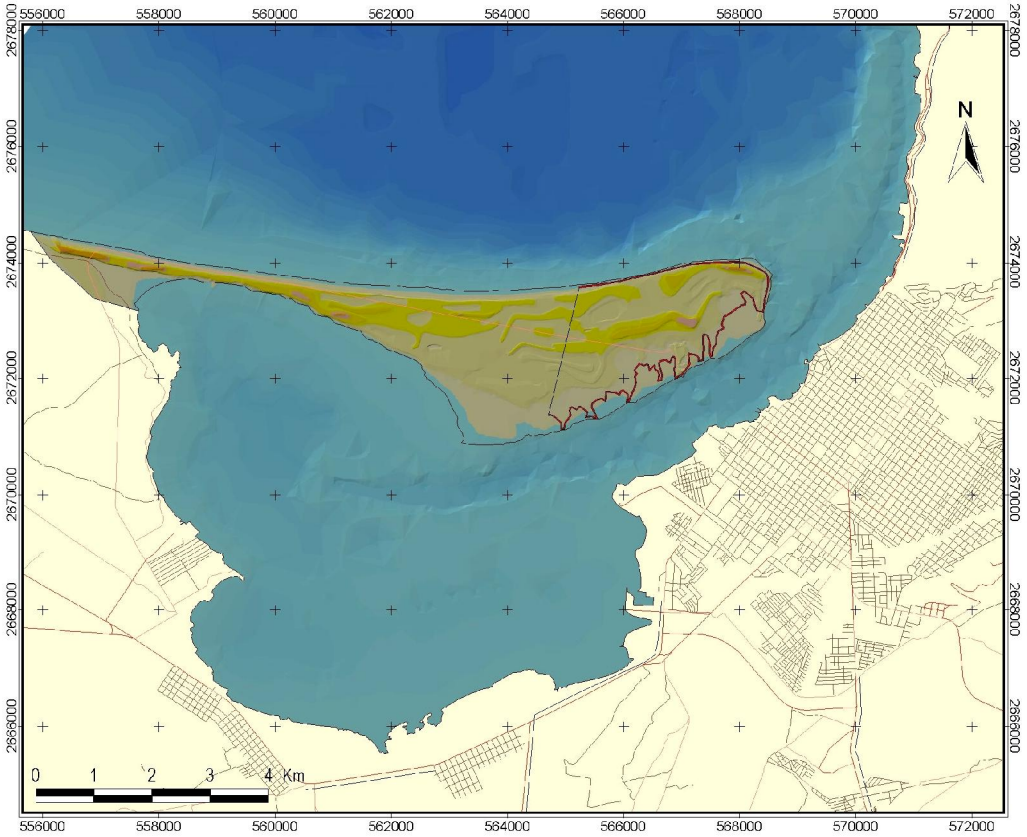
PROYECTO PARAÍSO DEL MAR - CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL MARINA

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

IPN-CICIMAR

PROYECTO PARAÍSO DEL MAR

CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL MARINA



PARTICIPANTES

[redacted]

[redacted]

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

PRESENTACIÓN

Este informe es resultado del esfuerzo conjunto de investigadores del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN) y del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, Unidad La Paz (CICESE-La Paz), con el objeto de realizar la caracterización marina ambiental de la zona de influencia del proyecto "Paraíso del Mar", como parte de la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional Turismo.

El informe está subdividido en cinco partes. Los capítulos incluyen: "Parte 1 –Caracterización Ambiental Marina," "Parte 2 -Flora y Fauna Marina," "Parte 3 -Transporte Litoral y Análisis de la Variación de la Línea de Costa de 1978 a 2000 en la Barrera Arenosa El Mogote," "Parte 4 –Estudio Geohidrológico" y, "Parte 5 –Propiedades Físicas del Agua y Circulación." Estas partes del documento proporcionan las bases para la descripción del sistema ambiental y el señalamiento de la problemática ambiental detectada en el área de estudio del proyecto. "La Caracterización Ambiental Marina" contiene dos grandes subdivisiones: "la zona marina y la zona costera." La primera aborda los procesos a escala regional y considera a la Bahía de La Paz como sistema ambiental; la segunda se orienta a los procesos de carácter local dentro del área de influencia del proyecto, en este caso, el sistema ambiental es la Ensenada de La Paz y su interacción con la parte sur de la bahía. En esta parte del documento se incluyen aspectos fisiográficos, batimétricos, substrato, corrientes, masas de agua y variables físico-químicas.

El capítulo 2 "Flora y Fauna Marina" aborda los aspectos de riqueza específica de especies, dominancia, distribución y diversidad de los principales grupos de organismos marinos (plantas y animales). Se destacan las especies relevantes incluidas en la Norma Oficial Mexicana con estatus de protección, amenazadas o en peligro de extinción.

La parte 3 "Transporte Litoral y Análisis de la Variación de la Línea de Costa" ofrece los fundamentos para el análisis de la variación de la línea de costa, la evaluación del transporte litoral y la identificación de las zonas de erosión y depositación a lo largo de la línea de costa de la barrera arenosa El Mogote. Se presentan estimaciones del transporte litoral para un rango de valores de las variables involucradas. Se establece cualitativamente el balance sedimentario, se describen los rasgos batimétricos, morfológicos y los procesos responsables de su formación.

El capítulo 4 "Estudio Geohidrológico" incluye una breve descripción del marco geológico de la barrera arenosa El Mogote y el planteamiento metodológico del estudio geoeléctrico. Se presentan secciones longitudinales y transversales de la estructura interna de El Mogote, en las cuales se pueden observar los espesores de las capas de arena, contenido de humedad y características del agua intersticial.

Finalmente, en la parte 5 "Propiedades Físicas del Agua y Circulación" se discuten los aspectos hidrológicos e hidrodinámicos en la zona de influencia del proyecto, se incluyen observaciones mensuales de perfiles verticales de las propiedades físicas del agua (temperatura, salinidad y densidad), observaciones continuas de corrientes y modelación de la marea.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

PORTADA:
MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN DE LA BARRERA ARENOSA EL MOGOTE Y CUERPOS DE AGUA ALEDAÑOS.
LA LÍNEA ROJA REPRESENTA LOS LÍMITES DEL PREDIO "PARAÍSO DEL MAR".

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

CAPÍTULO 1
CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL MARINA
TABLA DE CONTENIDO

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL 1-1

1.1. ZONA MARINA 1-1

1.1.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 1-1
1.1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA (TIPO DE COSTAS, AMBIENTES MARINOS DE LAS COSTAS, ETC) 1-2
1.1.2.1 TIPO DE COSTAS Y AMBIENTES MARINOS 1-2
1.1.3 FISIOGRAFÍA 1-5
1.1.4 BATIMETRÍA 1-6
1.1.5 PERFILES BATIMÉTRICOS 1-7
1.1. 6 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSTRATO 1-12
1.1.7 PERFIL DE PLAYA 1-13
1.1.8 CIRCULACIÓN COSTERA Y PATRONES DE CORRIENTES (PATRÓN DE CORRIENTES COSTERAS, ESTIMACIÓN DE LAS VELOCIDADES MEDIAS DE LAS CORRIENTES) 1-13
1.1.9 SISTEMA DE TRANSPORTE LITORAL 1-16
1.1.10 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LAS MASAS DE AGUA (TEMPERATURA, SALINIDAD, OXÍGENO DISUELTO, CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AMBIENTE ABIÓTICO) 1-16
1.1.10.1 DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE TEMPERATURA 1-16
1.1.10.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL 1-18
1.1.10.3 DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE SALINIDAD 1-20
1.1.10.4 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE SALINIDAD 1-22
1.1.10.5 OXÍGENO DISUELTO 1-23
1.1.10.6 DENSIDAD RELATIVA 1-24
1.1.10.7 MASAS DE AGUA 1-25
1.1.10.8 DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE NUTRIENTES 1-27
1.1.10.9 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE NUTRIENTES 1-28
1.1.10.10 CLOROFILA 1-28
1.1.10.11 SESTON 1-29
1.1.10.12 PRODUCTIVIDAD PRIMARIA 1-30
1.1.10.13 TRANSPARENCIA 1-30

1.2 ZONA COSTERA 1-31

1.2.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 1-31
1.2.2 CONFIGURACIÓN DE LOS MÁRGENES DEL SISTEMA LAGUNAR 1-31
1.2.3 FISIOGRAFÍA 1-32
1.2.4 BATIMETRÍA DEL FRENTE COSTERO Y BATIMETRÍA DEL SISTEMA LAGUNAR 1-34
1.2.5 PERFILES BATIMÉTRICOS 1-36
1.2.6 DETERMINACIÓN DEL TRANSPORTE LITORAL 1-40
1.2.7 CALIDAD DEL AGUA (VIENTOS, MAREAS, SALINIDAD, OXÍGENO DISUELTO, PH, NUTRIENTES (AMONIO, NITRITOS Y NITRATOS) 1-41
1.2.7.1 MAREAS 1-41
1.2.7.2 SALINIDAD Y TEMPERATURA 1-42
1.2.7.3 OXÍGENO DISUELTO 1-42
1.2.7.4 NUTRIENTES 1-43
1.2.8 CIRCULACIÓN Y PATRONES DE CORRIENTES (PATRÓN DE CORRIENTES COSTERAS, ESTIMACIÓN DE LAS VELOCIDADES MEDIAS DE LAS CORRIENTES) 1-46
1.2.9 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSTRATO 1-47

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

1.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 1-48

1.4 GLOSARIO DE TÉRMINOS 1-50

1.5 ANEXO FOTOGRÁFICO 1-53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1. Localización del área de estudio y delimitación de la zona de influencia del proyecto 1-1
Figura 1-2. Tipos de costa en la Bahía de La Paz de acuerdo a la clasificación genética de Shepard (1976) 1-3
Figura 1-3. Ambientes generales de las costas de la Bahía de La Paz 1-4
Figura 1-4. Rasgos fisiográficos principales de la zona adyacente a la Bahía de La Paz 1-6
Figura 1-5. Batimetría de la Bahía de La Paz y ubicación de los perfiles batimétricos 1-7
Figura 1-6. Perfiles batimétricos representativos de la costa occidental de la Bahía de La Paz 1-9
Figura 1-7. Perfiles batimétricos representativos de la costa occidental y central de la Bahía de La Paz 1-10
Figura 1-8. Perfiles batimétricos representativos de la costa central y oriental de la Bahía de La Paz 1-11
Figura 1-9. Distribución textural de los sedimentos de la Bahía de La Paz, B. C. S. (Modificado de Cruz-Orozco, et al., 1996) 1-12
Figura 1-10. Patrón de corrientes costeras por marea y viento del noroeste (modificado de Obeso-Nieblas, et al., 2002 1-14
Figura 1-11. Patrón de corrientes costeras por marea y viento del sur (modificado de Obeso-Nieblas, et al., 2002) 1-15
Figura 1-12. Campo horizontal de corrientes superficiales (modificado de Salinas, 2000) 1-16
Figura 1-13. Distribución vertical de temperatura en la Bahía de La Paz: a) durante el invierno; b) durante la primavera; c) durante el verano y d) durante el otoño 1-18
Figura 1-14. Distribución superficial de temperatura en la Bahía de La Paz: a) durante el invierno; b) durante la primavera; c) durante el verano y d) durante el otoño 1-20
Figura 1-15. Distribución vertical de salinidad en la Bahía de La Paz: a) durante el invierno; b) durante la primavera; c) durante el verano y d) durante el otoño 1-21
Figura 1-16. Distribución superficial de salinidad en la Bahía de La Paz: a) durante el invierno; b) durante la primavera; c) durante el verano y d) durante el otoño 1-23
Figura 1-17. Distribución de densidad en la Bahía de La Paz (tomado de Salinas, 2000) 1-25
Figura 1-18. Área de influencia del proyecto 1-31
Figura 1-19. Rasgos fisiográficos (geoformas) de la zona adyacente a la Ensenada de La Paz 1-32
Figura 1-20. Rasgos geomorfológicos de la línea de costa de la Ensenada de La Paz 1-33
Figura 1-21. Rasgos batimétricos de la Ensenada de La Paz 1-35
Figura 1-22. Ubicación de los perfiles batimétricos a través del canal de mareas y frente al Mogote 1-36
Figura 1-23. Perfiles batimétricos perpendiculares al canal de mareas de la Ensenada de La Paz (para su ubicación veáse la figura 1-22) 1-37
Figura 1-24. Perfiles batimétricos del interior de la Ensenada de La Paz 1-38
Figura 1-25. Perfiles de playa y batimétricos frente a la punta oriental del Mogote (viendo hacia la bahía) 1-39
Figura 1-26. Perspectivas tridimensionales de la batimetría de la zona adyacente al predio del proyecto 1-40
Figura 1-27. Patrón de circulación inducido por la marea en la Ensenada de La Paz: a) durante el flujo y b) durante el reflujo, (tomado de Gómez-Valdéz, *et. al*., 1984) 1-46
Figura 1-28. Tipos de substrato que caracterizan el fondo de la Ensenada de La Paz 1-47

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL

1.1. Zona Marina

1.1.1 Delimitación del área de estudio

La Bahía de La Paz se localiza en la parte sureste del Estado de Baja California Sur, entre los 24°06' y 24°47' latitud norte y entre los 110° 16' y los 110° 45' longitud oeste. Es un cuerpo de agua protegido que cubre un área aproximada de 1934 km^2, está limitada al norte por la Isla San José, al sur por la Ensenada de La Paz, al occidente por la sierra Las Tarabillas y al oriente por las islas Espíritu Santo y La Partida; tiene forma ovalada y se orienta noroeste-sureste a lo largo de 80 km sobre su eje mayor y a través de 33 km sobre su eje menor. Las mayores profundidades se encuentran en su parte noroeste, donde se alcanzan los 400 m.

La comunicación directa con el Golfo de California se atenúa por la presencia del complejo insular de Espíritu Santo. Este complejo, da origen a dos entradas de la bahía conocidas como Boca Grande (al N) y Canal San Lorenzo o boca Chica (al S). La Boca Grande es la de mayor amplitud (~ 27 km) y profundidad (~ 300 m) y es por donde ocurre el mayor intercambio de aguas con el Golfo de California; la Boca Chica tiene una amplitud de ~ 6 km y una profundidad máxima de 19 m.

El predio donde se desarrollará el proyecto se ubica en el extremo oriental de El Mogote; colinda al norte con la Bahía de La Paz y al sur con la Ensenada de La Paz. Para enmarcar la zona de estudio es necesario considerar diferentes escalas de aproximación: a) El Mogote en el contexto de la Ensenada de La Paz; b) La Ensenada de La Paz en el contexto de la Bahía de La Paz, (Fig. 1-1).

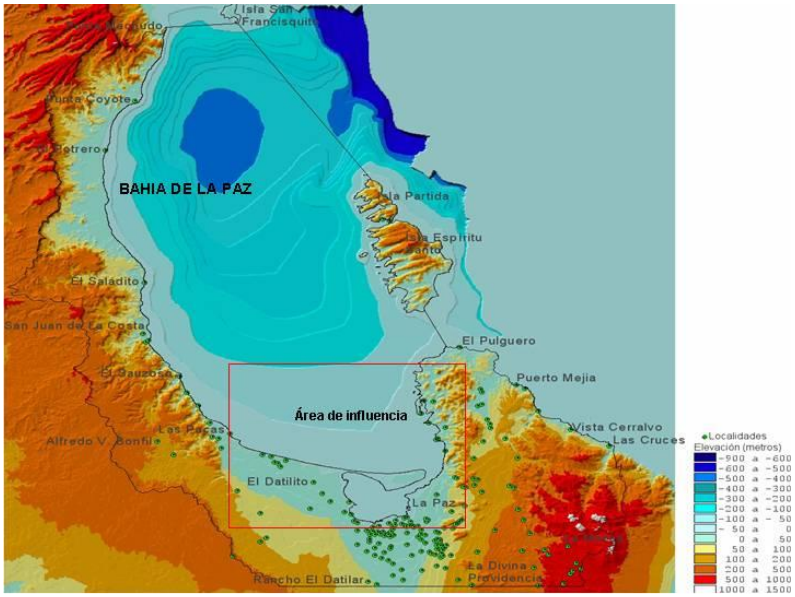


Figura 1-1. Localización del área de estudio y delimitación de la zona de influencia del proyecto.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

1.1.2 Descripción general del área (tipo de costas, ambientes marinos de las costas, etc)

1.1.2.1 Tipo de costas y ambientes marinos

La clasificación de los tipos de costas de la Bahía de La Paz que se presenta aquí, se hizo con el fin de entender como se formaron éstas, de tal forma que una visita al área tenga sentido. Se aplica la clasificación genética de Shepard (1976); esta clasificación proporciona los elementos para interpretar los tipos de costas a partir de fotografías aéreas, imágenes de satélite y mapas topográficos. Distingue básicamente dos tipos de costas: primarias y secundarias, la configuración de las costas primarias es resultado de la acción de procesos terrestres, mientras que las secundarias resultan de los procesos marinos.

Las costas primarias pueden ser construidas o dominadas por procesos endogenéticos (Vg. fallas, plegamientos, levantamiento o subsidencia, actividad volcánica) o pueden responder a factores exogenéticos (erosión, depositación) que generaron su configuración actual.

Las unidades de costa mayores son resultado de procesos geodinámicos que están relacionados con la tectónica de placas. La expansión del fondo océanico y la deriva continental son procesos de gran escala que operan a largo plazo y afectan la configuración global de las costas.

A grandes rasgos, en la Bahía de La Paz predominan las costas primarias, aunque también se pueden distinguir algunas costas secundarias. Entre las costas primarias se pueden encontrar aquellas moldeadas por la erosión continental, fallas y depositación continental, mientras que entre las secundarias se observan costas de barrera, costas de manglar y costas rectas e irregulares, moldeadas por el oleaje (Fig. 1-2).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

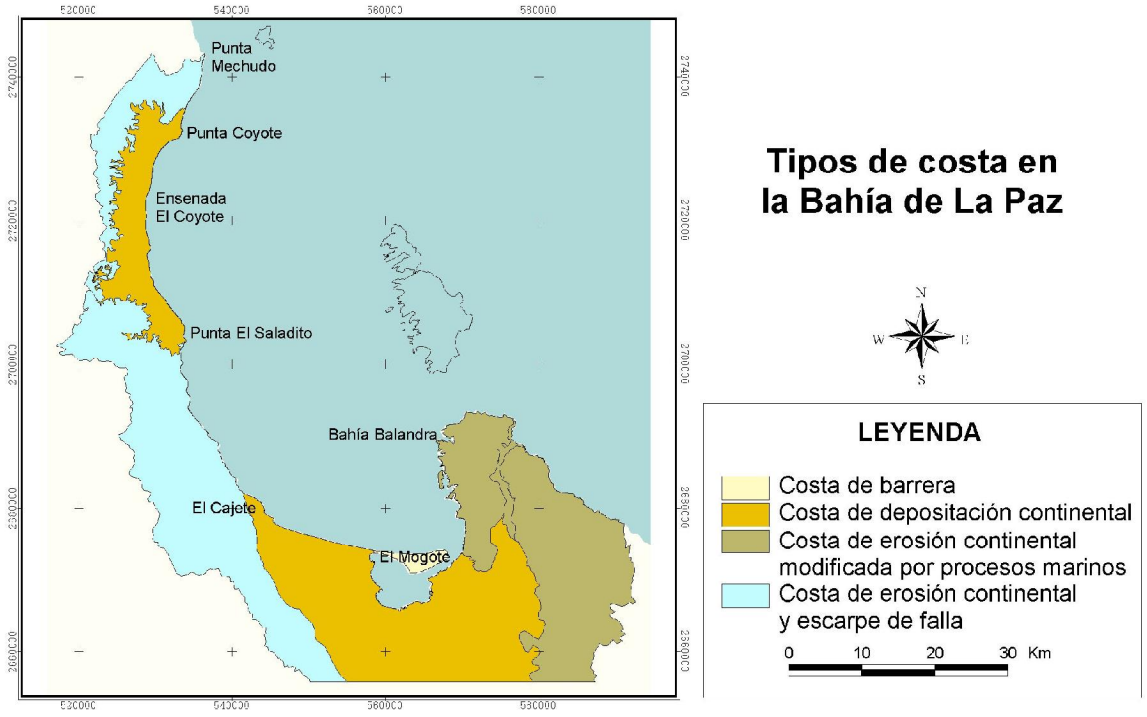


Figura 1-2. Tipos de costa en la Bahía de La Paz de acuerdo a la clasificación genética de Shepard (1976).

Básicamente la mayor parte de las costas de la bahía tienen un carácter primario, a excepción de la costa de El Mogote que es de carácter secundario. Las costas de la península de Pichilingue exhiben un carácter primario, aunque su línea de costa ha sido modificada por procesos secundarios, de tal forma que a lo largo de ella se observan rasgos de origen secundario como caletas, playas carbonatadas, dunas, manglares y marismas.

En el extremo noroeste de la bahía (Punta Coyote-Cabeza de Mechudo) y la parte occidental central (El Saladito-El Cajete) las costas son del tipo de erosión continental con presencia de escarpes de falla, que se continúan en forma abrupta por debajo del nivel del mar y se reflejan como alineamientos casi rectos a lo largo de la costa. Se distinguen por ser costas irregulares, angostas y de pendiente abrupta, ligeramente modificadas por la presencia de abanicos aluviales, depositados en la desembocadura de los arroyos que drenan las cañadas. A este tipo de costas se asocian ambientes de acantilados altos, plataformas de abrasión angostas, playas angostas de arena y guijarros, barricadas de bloques redondeados y angulosos, fondos rocosos con cabezas de coral y, dunas costeras (Fig. 1-3).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

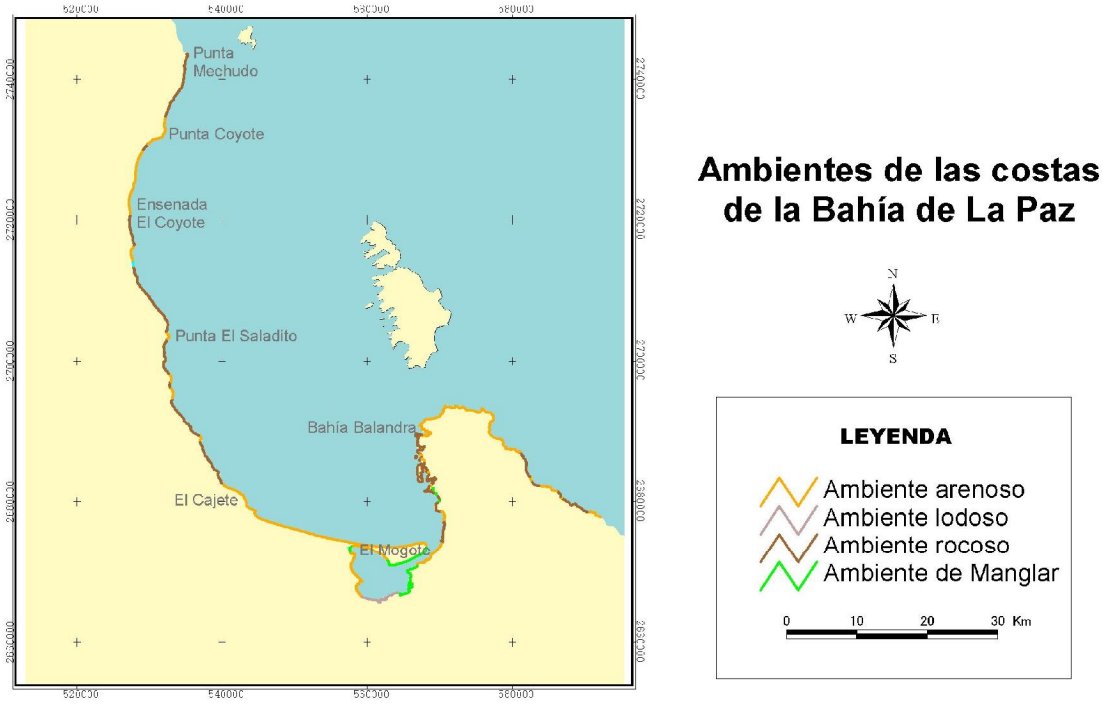


Figura 1-3. Ambientes generales de las costas de la Bahía de La Paz.

Las zonas entre Punta Coyote y El Saladito (Ensenada El Coyote) y entre El Cajete y el Estero Zacatecas, se clasifican como costas compuestas por abanicos aluviales depositados al pie de la montaña, alineados por la erosión del oleaje, con presencia de terrazas marinas antiguas, acantilados bajos, plataformas de abrasión angostas y dunas costeras. Se distinguen por tener una pendiente moderada y extensos fondos arenosos. Los ambientes representativos de este tipo de costas son las playas arenosas amplias de pendiente suave (al pie de acantilados son angostas y alargadas), playas de guijarros y canto rodado angostas, (que funcionan como playas de barrera), ensenadas pequeñas confinadas por salientes rocosas, dunas costeras y marismas.

La costa de la parte central de la Bahía de La Paz se clasifica como una costa de barrera separada del continente por una laguna costera (esta línea de costa se describe detalladamente en el capítulo de zona costera).

La costa oriental de la bahía se puede considerar como una costa de erosión y depositación continental, marcadamente irregular debido al oleaje y ligeramente modificada a costa secundaria por procesos marinos de erosión y depositación. Se caracteriza por la presencia de ensenadas o caletas en cuyo interior se han desarrollados rasgos secundarios como manglares, playas, dunas y pequeñas plataformas de erosión por oleaje al pie de los acantilados rocosos.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

1.1.3 Fisiografía

La fisiografía que circunda a la Bahía de La Paz se puede clasificar en cuatro grandes zonas altitudinales: planicie costera (0-10 m), planicie aluvial (11-100m), tierras bajas (101-300 m) y tierras altas (301-1300m). Al interior de cada una de estas zonas se distinguen diversos rasgos topográficos. Al sureste se levanta la sierra Las Cruces con una serie de picachos abruptos y cerros dómicos, de estos sobresale el denominado El Puerto, cuya altura sobrepasa los 1270 m. En el norte y centro destaca un extremo de la sierra La Giganta, formada por las sierras Las Tarabillas y Los Filos del Treinta y Cinco; dichas unidades morfológicas están coronadas por mesas. Además, existen lomas, escarpes y cantiles, todos con alineamientos norte-sur. Sobresale el valle de La Paz, ligeramente inclinado al noroeste e interrumpido por cerros. El valle presenta una serie de abanicos aluviales cuya pendiente es suave en la parte centro y norte, haciéndose más abrupta hacia el sur (Fig. 1-4).

El relieve de la parte occidental de la Bahía de La Paz es muy abrupto, las partes más altas están cercanas a la línea de costa con alturas superiores a los 350 m y disminuyen gradualmente hacia el sur. La Paz se caracteriza por el predominio de montañas medias y planicies aluviales. Desde el punto de vista de las estructuras del relieve, en La Paz predomina el estilo tectónico de bloques.

Al oriente y norte de la bahía, la secuencia volcánica presenta elevaciones promedio de 300 m. En las cercanías de la ciudad de La Paz, algunos cerros presentan una cima plana, debido a un flujo de lava riodacítico (Riodacita La Providencia) muy resistente a la erosión; esta capa presenta una inclinación hacia el poniente.

El área de influencia del proyecto está dominada en la parte central por la barrera arenosa El Mogote, el abanico y planicie aluvial de La Paz y la planicie costera. En la parte oriental dominan las montañas bajas y las cañadas; al oeste la planicie aluvial del ejido Alfredo V. Bonfil y los lomeríos disectados, ubicados al oeste del Centenario.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

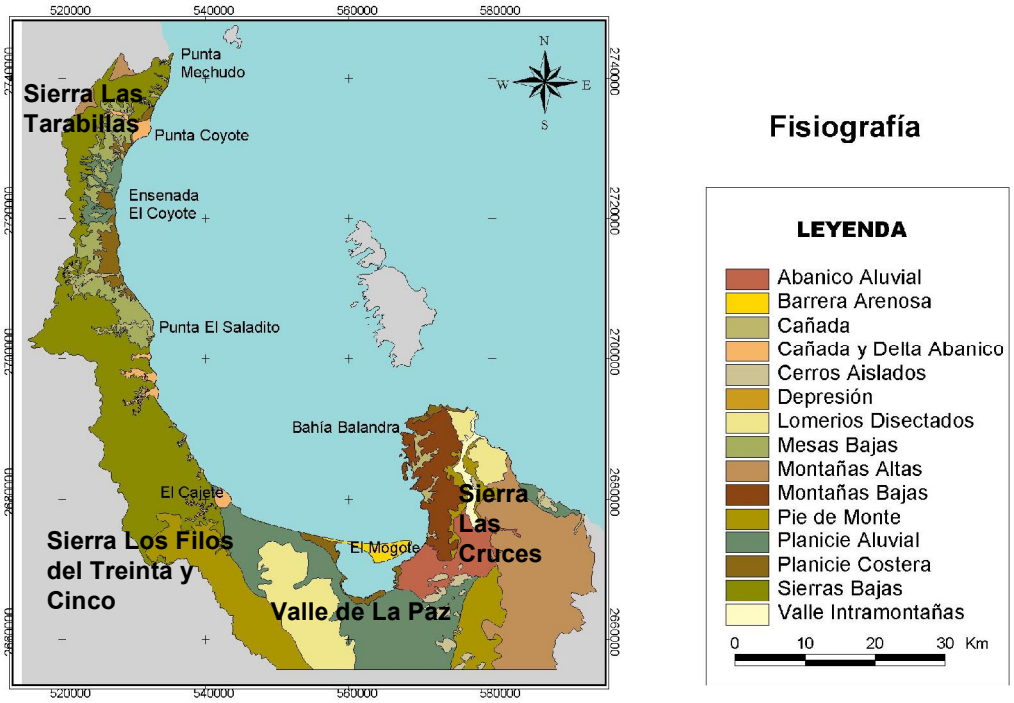


Figura 1-4. Rasgos fisiográficos principales de la zona adyacente a la Bahía de La Paz.

1.1.4 Batimetría

En la configuración batimétrica de la Bahía de La Paz se distinguen cinco rasgos importantes: a) una cuenca ovalada al norte de la bahía, donde se localiza la Depresión Alfonso, con profundidades hasta de 400 m; b) una plataforma interna angosta con un talud pronunciado que desciende abruptamente hacia la Depresión Alfonso; c) una plataforma interna somera (profundidades menores a 50 m) de pendiente suave, en la parte sur de la bahía; d) un umbral que se eleva unos 100 metros sobre el fondo de la Depresión Alfonso y unos 500 metros sobre el talud continental del Golfo de California, que se extiende entre la isla La Partida y la isla San Francisquito a profundidades entre 260 y 340 m; e) un estrecho somero (~14 m) entre la parte sur de la isla Espíritu Santo y la Península de Pichilingue conocido como canal de San Lorenzo (Fig. 1-5).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

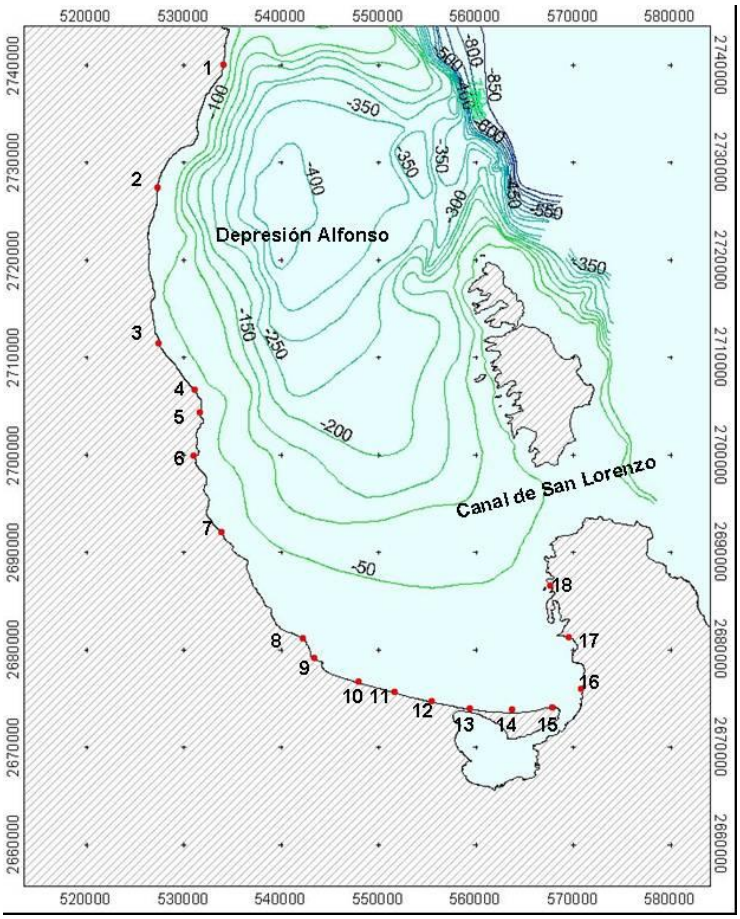


Figura 1-5. Batimetría de la Bahía de La Paz y ubicación de los perfiles batimétricos.

1.1.5 Perfiles batimétricos

En cuanto a los perfiles batimétricos, se seleccionaron 18 representativos de los principales tipos de costa presentes en la bahía, de tal forma que reflejen las características generales del fondo (Fig. 1-6 a 1-8). Cada perfil batimétrico exhibe distintos rasgos que denotan su relación intrínseca con el tipo de costa, por ejemplo, aquellos frente a costas de depositación, muestran morfologías típicas de fondos arenosos como barras y canales, pendientes suaves y cambios graduales de profundidad, es decir, son más uniformes que aquellos frente a costas de erosión y fallamiento. En los perfiles asociados a este último tipo de costa, se observan rasgos de terrazas o plataformas de abrasión, taludes pronunciados y cambios de pendiente abruptos.

En la mayoría de los perfiles se pueden distinguir diferentes rasgos batimétricos como: plataformas internas (perfil 1), terrazas erosionadas y falladas (perfiles 5 y 6), morfologías de barras y canales (perfiles 2, 8 y 10 al 15) asociadas a sustratos arenosos; morfologías de canales de mareas, plataformas y terrazas.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

En general, los perfiles sobre la costa occidental tienen forma convexa, que de cierta manera sugiere la continuidad del relieve topográfico por debajo del nivel del mar; algunos exhiben contornos suaves como resultado de la acumulación de sedimento encima del basamento rocoso (perfiles 1 a 3), mientras que otros muestran plataformas rocosas irregulares por la falta de acumulación de sedimento en estas áreas, debido a las condiciones de alta energía de oleaje y corrientes a que están expuestas (perfiles 5 y 6). Llama la atención el perfil batimétrico 7 ya que prácticamente no muestra ningún rasgo, aparentemente se trata de una plataforma rocosa inclinada que representa la continuación del perfil topográfico por debajo del nivel del mar.

Los perfiles frente a la costa central y oriental de la bahía tienden en general hacia una forma cóncava, con morfologías de barras y canales, típicas de costas arenosas. Algunos de estos perfiles denotan la naturaleza del depósito sedimentario, como el caso de los perfiles batimétricos 8 y 9, que se ubican frente a un abanico aluvial de material conglomerático (cantos rodados, guijarros y arena).

En la zona frente a la barrera arenosa El Mogote los perfiles han desarrollado una morfología de barras y canales como resultado de la acción del oleaje y las mareas; en esta parte de la costa el sustrato está compuesto por arena (perfiles batimétricos 10 al 15). La morfología que exhiben varía a lo largo de la costa, los canales son angostos hacia el oeste y más anchos hacia el este, al igual que las barras de arena (cordones paralelos a la playa).

El perfil batimétrico 16 cruza el canal de mareas y el bajo arenoso que se extiende desde el extremo oriental del Mogote hasta Punta Prieta. En esta zona los rasgos más sobresalientes son el canal de mareas, con una profundidad aproximada de 8 m y un ancho de 500 m y, el bajo o barra de arena tiene un espesor de aproximadamente 7 m en la parte interior y 16 m por el lado de la bahía, con un ancho de alrededor de 1. 5 km; la cima del bajo se encuentra a un metro de profundidad y tiene una inclinación hacia la bahía.

Los perfiles 17 y 18 tienen forma cóncava y su estructura parece estar relacionada con el basamento volcánico que domina esta parte de la costa. Los perfiles se observan un tanto suavizados por la sedimentación y por la acción de las corrientes de marea, que le imprimen ciertas características de canal.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

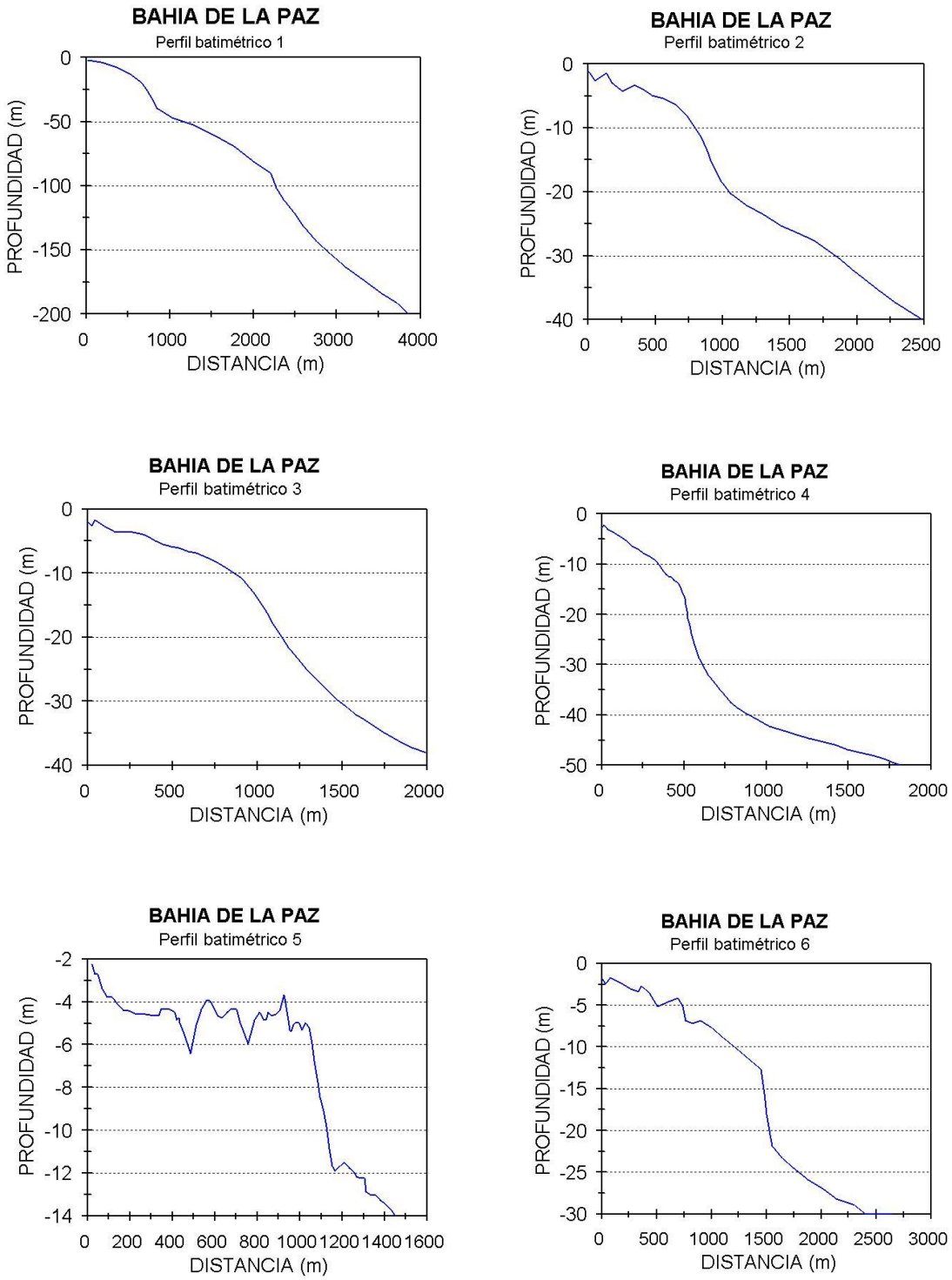


Figura 1-6. Perfiles batimétricos representativos de la costa occidental de la Bahía de La Paz.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

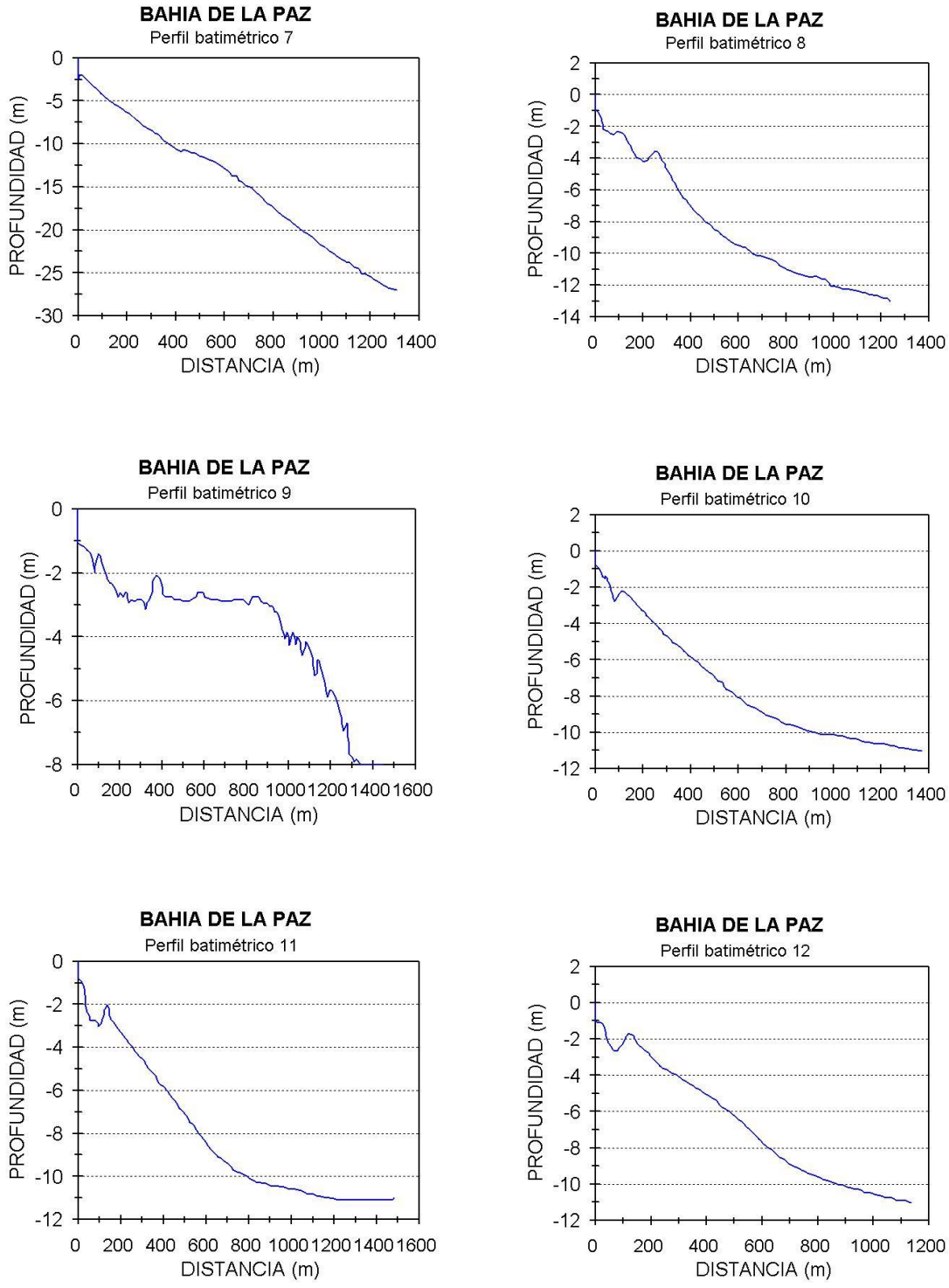


Figura 1-7. Perfiles batimétricos representativos de la costa occidental y central de la Bahía de La Paz.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

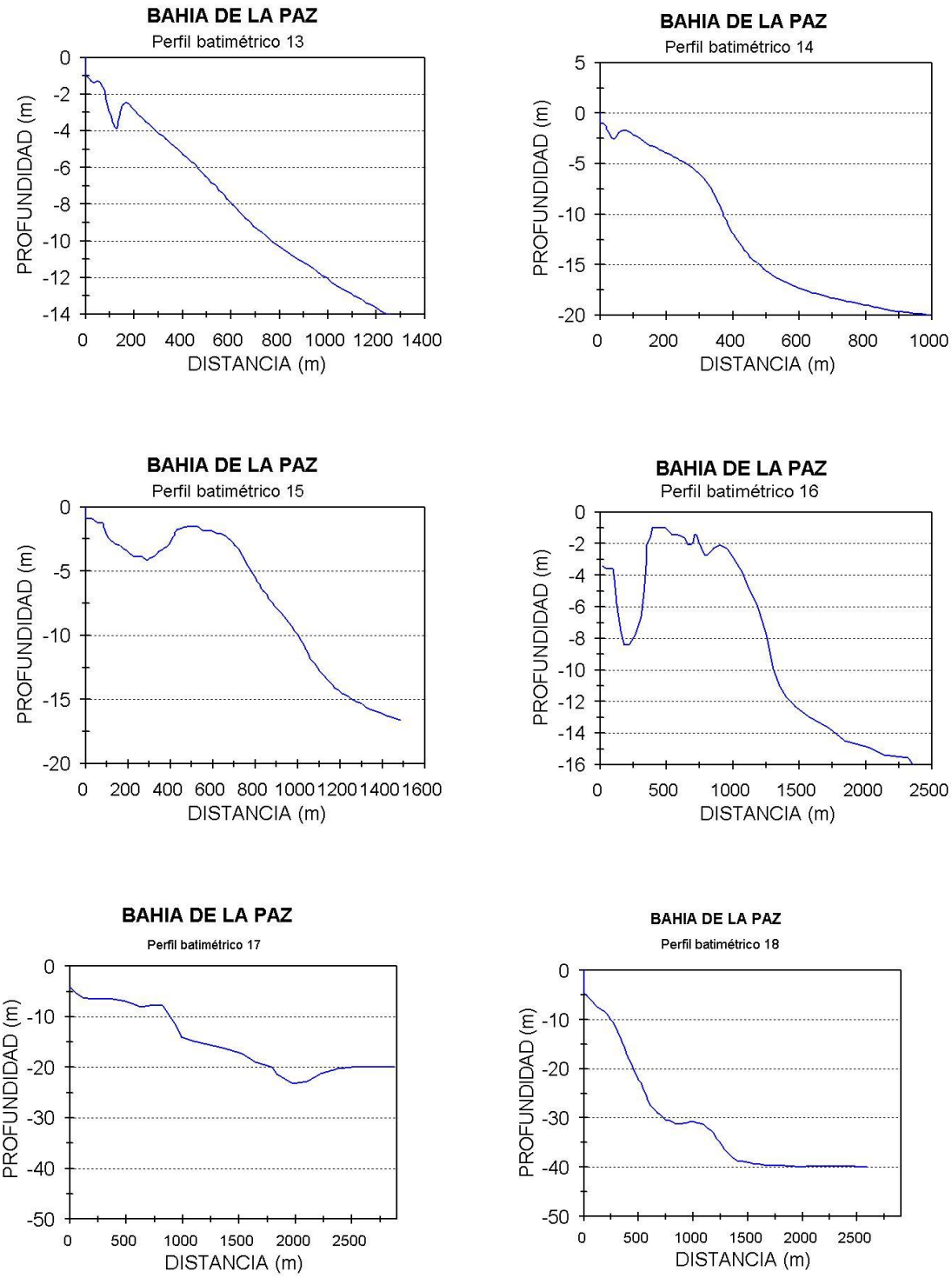


Figura 1-8. Perfiles batimétricos representativos de la costa central y oriental de la Bahía de La Paz.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

1.1. 6 Características del substrato

En la Bahía de La Paz se pueden encontrar varios tipos de sustrato, desde los rocosos hasta los lodosos; la mayor diversidad de sustratos se encuentra en la zona costera; se relacionan con el tipo de costa, las fuentes de aporte de material y el origen de los sedimentos. En general, en la bahía predominan los sustratos arenosos y limo-arenosos; los primeros se distribuyen en la zona somera y los segundos en la zona profunda. En estos sustratos es común encontrar restos de material biogénico (fragmentos de conchas y testas de foraminíferos). El sustrato de la costa occidental es predominantemente de composición terrígena, mientras que el de la costa oriental, contiene un alto porcentaje de material biogénico, e incluso, en algunas caletas o ensenadas, este puede ser completamente calcáreo.

De acuerdo al tamaño de sedimento, el sustrato arenoso ocupa la parte sur de la bahía, sus márgenes, el Canal de San Lorenzo y una parte somera entre Punta Cabeza de Mechudo y el sur de Punta Coyote; el sustrato limoso se distribuye hacia la parte más profunda (Cruz-Orozco, et al, 1996) (Fig. 1-9).

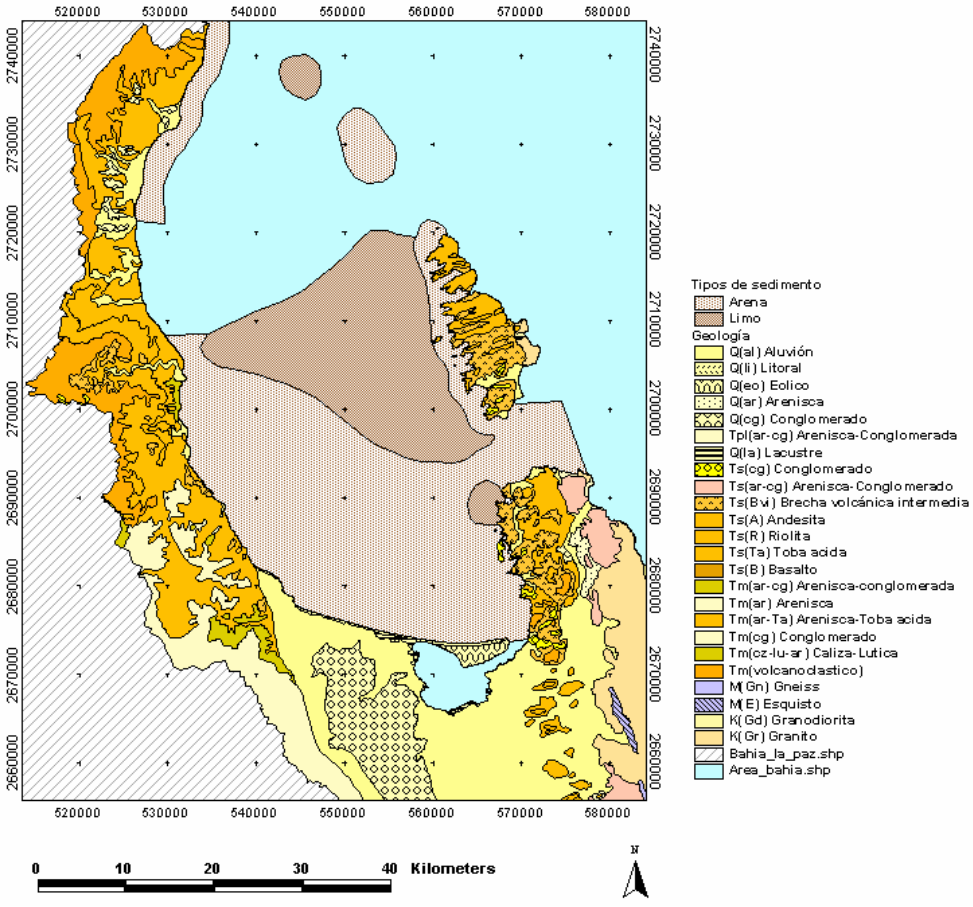


Figura 1-9. Distribución textural de los sedimentos de la Bahía de La Paz, B. C. S. (Modificado de Cruz-Orozco, et al., 1996).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

A lo largo de la costa occidental de la bahía se puede encontrar una gran variedad de sustratos, desde fondos rocosos con cabezas de coral, barricadas de bloques redondeados y angulosos, arenas gruesas, guijarros y canto rodado; en algunos sitios, sobre el sustrato rocoso se pueden encontrar pequeños bosques de algas marinas.

En la parte sur de la bahía el sustrato es principalmente arenoso, con algunos afloramientos rocosos cerca de la línea de costa; a profundidades mayores a los 18 metros, el sustrato es areno-limoso.

La costa oriental se caracteriza por la presencia de una serie de embahiamientos o caletas, cuyo sustrato arenoso es de composición predominantemente calcárea; en la cabecera de estas caletas se han desarrollado ecosistemas de manglar y marismas con fondos lodosos. En algunos sitios, como el canal de San Lorenzo, el sustrato está formado completamente por rodolitos (algas rojas coralinas del tamaño de las matatenas) que tiene la apariencia de un fondo de escombros. Por lo demás, los tipos de sustrato son similares a los que se encuentran en la costa occidental, es decir, se pueden encontrar sustratos rocosos, barricadas de bloques redondeados con cabezas de coral, canto rodado, guijarros, arenas gruesas y lodo.

1.1.7 Perfil de playa

Como se puede observar en los perfiles batimétricos 8 y 10 al 15, las playas arenosas de la Bahía de La Paz son principalmente de tipo disipativo, con morfologías rítmicas que cambian estacionalmente en función del oleaje incidente. En general, los perfiles exhiben un cordón de dunas litorales, una berma angosta, una cara de playa y una extensa planicie de marea.

1.1.8 Circulación costera y patrones de corrientes (patrón de corrientes costeras, estimación de las velocidades medias de las corrientes)

La marea es una de las funciones forzantes que determinan la circulación en la Bahía de La Paz. Durante el flujo, el máximo de transporte ocurre en la Boca Grande, desde el norte de la Isla Partida hasta Punta Mechudo, con una dirección de N a S disminuyendo conforme se interna a la bahía; en el Canal de San Lorenzo el transporte es en dirección E-W con un giro siguiendo la configuración de la línea de costa de la Península de Pichilingue. Durante el reflujo, el transporte en la Boca Grande no es tan intenso y se producen giros en la parte norte de la Isla Partida; en el Canal San Lorenzo las corrientes son más intensas con una dirección W-E, es decir hacia fuera de la bahía.

La segunda función forzante que rige la circulación en la bahía es el viento, el cual produce corrientes más intensas que la marea en las partes poco profundas y en los canales, que llegan a dominar el patrón de circulación. La simulación del patrón de circulación producido por vientos del NW característicos de la zona, muestra una corriente costera, en el centro-sur de la bahía, que gira en sentido ciclónico terminando en una corriente que impulsa agua hacia fuera de la bahía a través del canal de San Lorenzo, lo que resulta en uno de los mecanismos de renovación neta de las aguas superficiales de la bahía.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Con vientos del noroeste las máximas velocidades de corriente (0.2 a 0.5 ms^{-1}) se presentan a lo largo de la costa occidental de la bahía en una franja de aproximadamente 8 km de ancho, desde Cabeza de Mechudo hasta El Mogote (Fig. 1-10). Contrastando con un flujo relativamente débil en la parte central y la Boca Grande de la bahía (Obeso-Nieblas, et al, 2002).

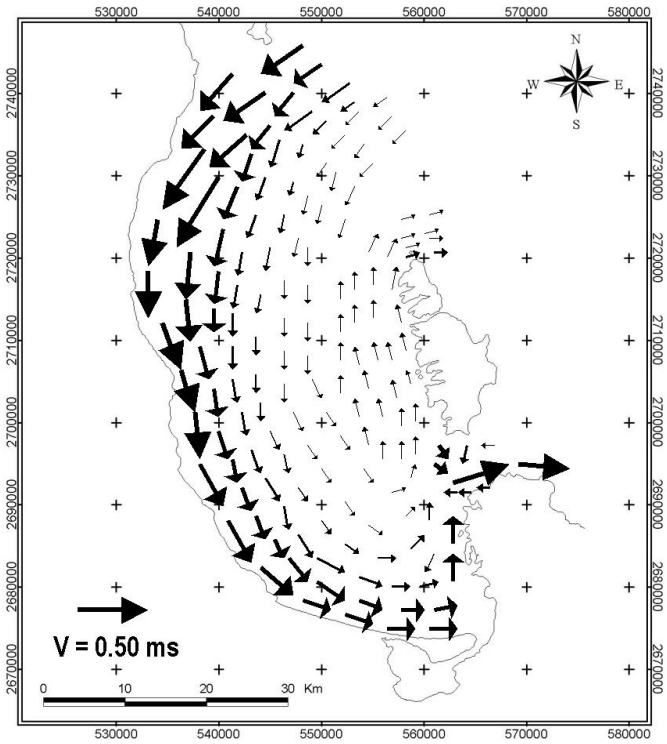


Figura 1-10 Patrón de corrientes costeras por marea y viento del noroeste (modificado de Obeso-Nieblas, et al., 2002).

De acuerdo con Obeso-Nieblas (op. cit.), en la Bahía de La Paz el flujo costero gira en sentido contrario a las manecillas del reloj a la altura de El Mogote, estableciéndose una condición de reflujo permanente por el Canal San Lorenzo y por la parte sur de la Boca Grande, en una banda de 6 km de ancho. Esto produce dos zonas de divergencia, señala el autor, una en la costa oeste de la isla Espíritu Santo y la otra en la costa sur del Canal San Lorenzo.

Los patrones de circulación con vientos del noroeste de 4, 5 y 10 ms^{-1} son semejantes en cuanto a la distribución espacial y temporal, mostrando diferencias importantes en relación a la magnitud de la velocidad, principalmente en las zonas someras y en los canales, la cual responde en forma proporcional a la intensidad del viento.

Para las condiciones de vientos del sur las velocidades de corriente máximas (0.2-0.6 ms^{-1}) se presentan a lo largo de la costa oeste de la bahía. Estos vientos generan una corriente superficial en una banda de aproximadamente 8 km de ancho, que inicia a la altura de El Quelele y viaja hasta Cabeza de Mechudo. En la parte central y profunda, así como en la Boca Grande de la bahía, el flujo es relativamente lento, (Fig. 1-11).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

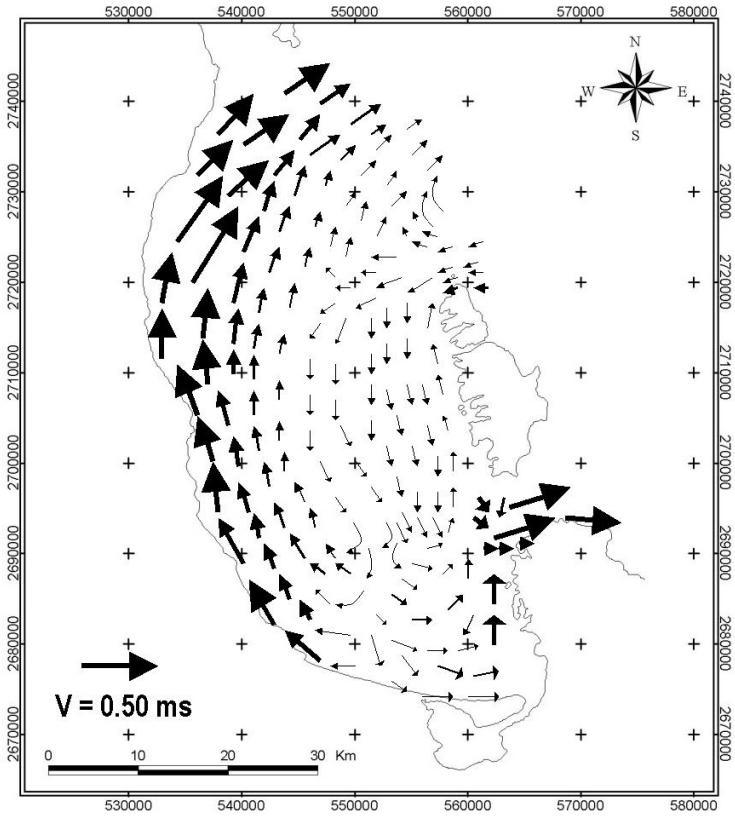


Figura 1-11 Patrón de corrientes costeras por marea y viento del sur (modificado de Obeso-Nieblas, et al., 2002).

El patrón de corrientes simuladas para vientos del sur de 4, 5 y 10 ms^{-1} es prácticamente similar en dirección pero con diferencias significativas en magnitud. Las velocidades máximas calculadas para vientos de 10 ms^{-1} en la bahía, son resultado del esfuerzo máximo del viento sobre la superficie del mar, la batimetría de la zona y la configuración de la costa.

Según el patrón de circulación simulado, con vientos del noroeste el transporte superficial es hacia el interior de la bahía. Este patrón se invierte con vientos del sur con un transporte a lo largo de la costa hacia el Golfo de California.

Según Salinas-González (2000), con vientos del norte de 10 ms^{-1} se observa en la capa superficial un chorro intenso de agua entrando al noroeste de la Isla Partida y otro menos intenso que cruza la bahía y llega hasta la costa occidental a la altura de San Juan de La Costa, donde se une con el flujo que entra por el Canal de San Lorenzo, para dirigirse hacia el sur. Así mismo, se genera un campo intenso de corrientes a lo largo de la costa occidental entre Punta Coyote y Punta Las Tarabillas (Fig. 1-12).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

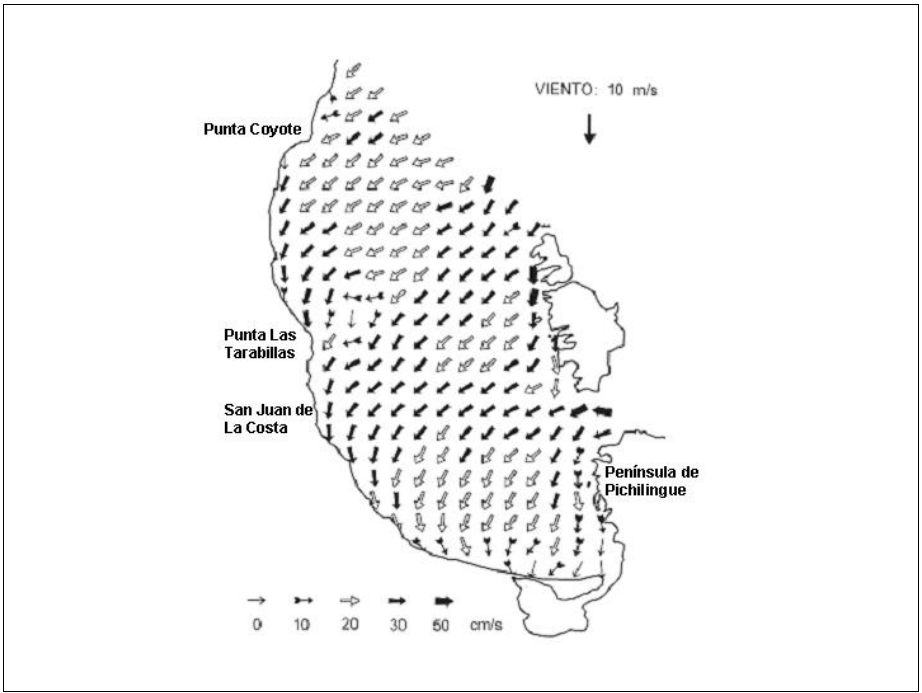


Figura 1-12. Campo horizontal de corrientes superficiales (modificado de Salinas, 2000).

1.1.9 Sistema de transporte litoral (ver capítulo 3.0)

1.1.10 Caracterización física de las masas de agua (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, características generales del ambiente abiótico)

Las características físicas de las masas de agua de la Bahía de La Paz presentan distintas escalas de variación: diurnas, estacionales e interanuales. Para los fines de este trabajo se describen las condiciones hidrológicas estacionales que se presentan en la bahía; para ello se utilizó información bibliográfica y datos disponibles. Las distribuciones verticales de temperatura y salinidad corresponden a secciones longitudinales N-S, es decir, de la zona profunda a la zona somera de la bahía. Así mismo, se presentan las distribuciones espaciales de temperatura y salinidad durante las diferentes estaciones del año.

1.1.10.1 Distribución vertical de temperatura

La estructura hidrográfica permite diferenciar un período de estratificación (mayo-octubre) caracterizado por un gradiente de temperatura a profundidades mayores a 40 m y un período de mezcla el resto del año.

Durante el invierno la estructura vertical de la temperatura es muy homogénea, con valores de 20 ºC en la superficie y 14 ºC a 130 m de profundidad. En esta época se observa una capa de mezcla con

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

un espesor aproximado de 60 m hacia el oeste de la bahía y la termoclina a los 70 m de profundidad; en la parte oriental la termoclina se encuentra a los 40 m de profundidad, con una temperatura entre 17 y 19 ºC (Fig. 1-13a).

Durante la primavera, en la parte oriental de la bahía la capa de mezcla no está muy bien definida, sin embargo, hacia la parte occidental la capa de mezcla es más notoria, encontrándose entre los 0 y los 20 m de profundidad, con una temperatura de 28 ºC en la superficie y 20 ºC a los 50 m, punto en el que se encuentra la termoclina, (Fig. 1-13b).

En el verano se observa en la parte oriental de la bahía una delgada capa de mezcla entre 0 y 15 m de profundidad, con una temperatura de 27 ºC en la superficie y 21 ºC a los 35 m, donde se encuentra la termoclina. A partir de esta zona se observa una disminución gradual de la temperatura hasta alcanzar los 15 ºC a los 130 m. En la parte occidental, la capa de mezcla es de mayor espesor alcanzando hasta los 35 m, con una temperatura que va de los 27 ºC en la superficie a los 20 ºC a los 55 m de profundidad, donde se localiza la termoclina, (Fig. 1-13c).

A finales del verano se observa claramente una estratificación termal con poca variabilidad espacial. Se presenta una amplia capa de mezcla que llega hasta los 50 m de profundidad, con una temperatura superficial de 30 ºC y 25 ºC a los 60 m, a la cual se encuentra la termoclina, (Fig. 1-13d). Durante el período de estratificación existe una capa de agua homogénea en superficie cuyo espesor depende de las condiciones meteorológicas pero puede alcanzar hasta los 40 m; por debajo de esta capa se observa un gradiente de temperatura hacia el fondo.

A principios del otoño la capa de mezcla empieza a reducirse (0 a 30 m), con una temperatura superficial de 29 ºC y 25 ºC a los 30 m de profundidad, donde se encuentra la termoclina. Durante el otoño se desarrolla una capa de mezcla más profunda y más fría que alcanza las capas inferiores. El gradiente de temperatura se hunde hasta desaparecer por lo que en el invierno la columna de agua es homogénea.

Entre la primavera y el verano la masa de agua experimenta un calentamiento que da lugar a una fuerte estratificación en la parte superior de la columna de agua. Esta capa superficial alcanza espesores entre 30 y 60 m; inmediatamente por debajo de esta capa se encuentra la termoclina.

Durante el otoño, los vientos del norte erosionan la termoclina y producen una fuerte mezcla que homogeniza la columna de agua, por lo que a finales del otoño y principios del invierno, la capa de agua superficial se encuentra bien mezclada. Así mismo, durante este periodo la masa de agua experimenta un proceso de enfriamiento cuyo máximo se presenta a finales de enero; esta condición permanece más o menos constante hasta principios de la primavera.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

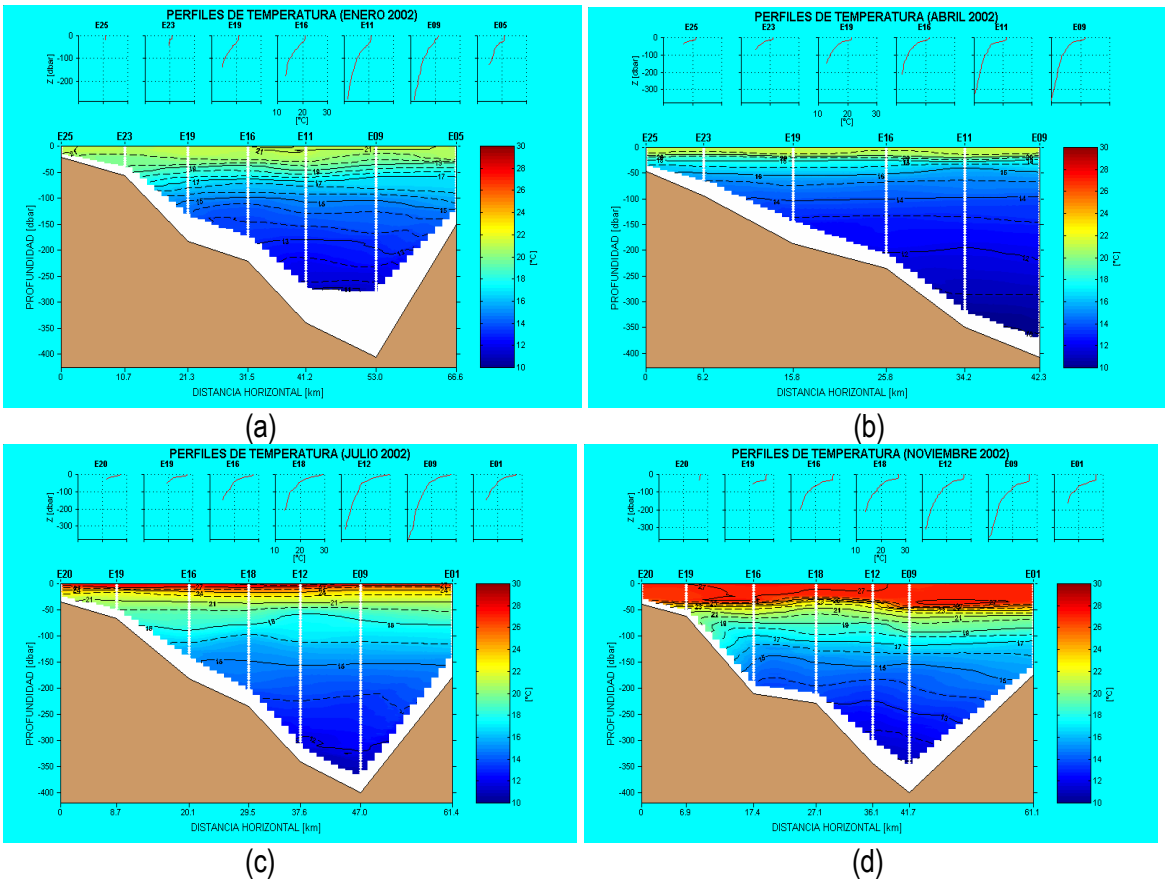


Figura 1-13. Distribución vertical de temperatura en la Bahía de La Paz: a) durante el invierno; b) durante la primavera; c) durante el verano y d) durante el otoño.

1.1.10.2 Distribución espacial de la temperatura superficial

Durante el invierno, la distribución espacial de temperatura exhibe un gradiente suave que se extiende de oeste a este y cubre la mayor parte de la bahía. Al noreste, frente a la Boca Grande y, al este, frente a la Isla Espíritu Santo, se observan dos núcleos de agua más fría. En la parte occidental la temperatura alcanza los 21.5 ºC, mientras que en las partes noreste y este, las temperaturas son de 20 ºC y 20.5 ºC, respectivamente; las temperaturas hacia la parte sur de la bahía se encuentran entre los 20.9 y los 21.1º C, (Fig. 1-14a).

La zona somera de la Bahía de La Paz (profundidad < a 50 m) recibe la influencia de las aguas que entran a través del Canal de San Lorenzo y del intercambio de agua con la Ensenada de La Paz. En el invierno existe poca variabilidad en la temperatura y se observa el agua completamente homogénea con una temperatura superficial de 20 ºC.

En la primavera la distribución horizontal de la temperatura superficial muestra un fuerte gradiente que se extiende del noroeste al sureste, entre Cabeza de Mechudo y la Isla Espíritu Santo. Al oeste, frente a Punta Las Tarabillas, se ubica un núcleo de aguas más frías que se extiende al sureste por

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

la parte central de la bahía. Las mayores temperaturas se encuentran en la parte noroeste (21.8 ºC), frente a Cabeza de Mechudo y las menores (20 ºC) en la zona frente a Punta Las Tarabillas (Fig. 1-14b). En la zona somera la distribución de temperatura es también muy homogénea y varía de los 28 ºC en la superficie a los 24 ºC a los 40 m de profundidad. La termoclina no puede apreciarse debido a que la columna de agua está ocupada en su totalidad por la capa de mezcla.

La presencia de un núcleo de agua cálida, localizado casi al centro de la bahía, es la característica más sobresaliente de la distribución de temperatura en el verano. A partir de este núcleo, la temperatura disminuye en todas direcciones, encontrándose las más bajas en la parte sur de la bahía. La parte central del núcleo alcanza temperaturas de 29 ºC y descienden a 27 ºC hacia el suroeste, mientras que hacia el noreste se encuentran entre 27 y 28 ºC (Fig. 1-14c). En la zona poco profunda de la bahía la capa de mezcla ocupa toda la columna de agua; la temperatura superficial es de 27 ºC y disminuye a 25 ºC a los 30 m de profundidad.

La distribución de la temperatura superficial en el otoño muestra la presencia de un gradiente suave de sur a norte a lo largo de la parte central de la bahía. Las temperaturas más bajas se encuentran en la Boca Grande y en la parte sureste de la bahía. Las temperaturas más altas (27.5 ºC) se presentan en la parte central y las más bajas (26.7 ºC) al noroeste de La Lobera (Fig. 1-14d). La parte sur (somera) de la bahía es ocupada en su totalidad por la capa de mezcla con una temperatura de 30 ºC.

Al considerar la interacción océano-atmósfera, se observa que durante la primavera y verano cesan los intensos vientos, aumenta considerablemente la radiación solar, disminuye la presión atmosférica y aumenta la evaporación. Como resultado, desaparece la energía de mezclado por oleaje y viento, la radiación solar hace que aumente la temperatura superficial del agua, la evaporación aumenta la salinidad de la capa superficial. Como consecuencia, el proceso vertical de difusión de temperatura y salinidad aumenta, así dichos procesos trabajan para disminuir y algunas veces hasta desaparecer la capa de mezcla, estableciendo un gradiente vertical intenso y continuo de temperatura durante el verano (Salinas-González, op. cit.).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

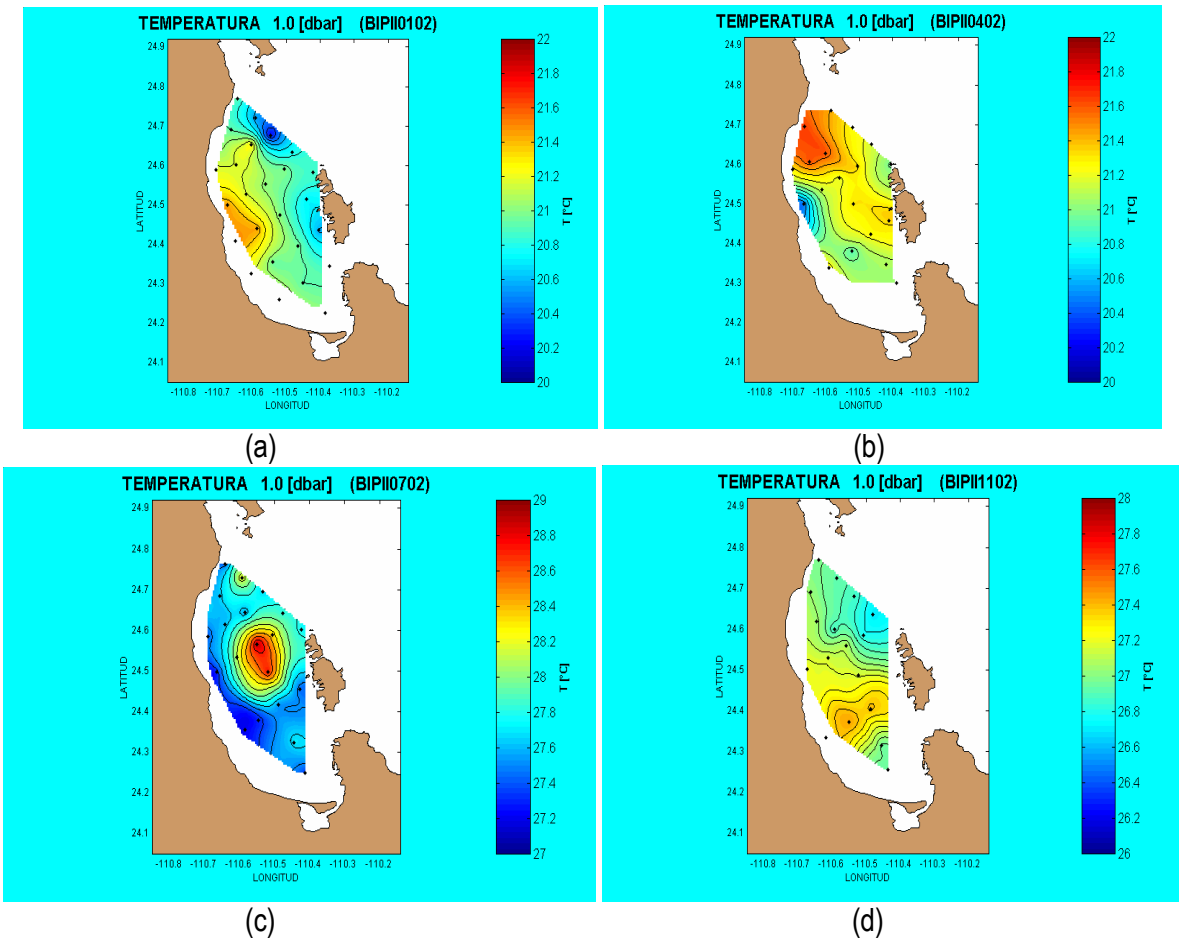


Figura 1-14. Distribución superficial de temperatura en la Bahía de La Paz: a) durante el invierno; b) durante la primavera; c) durante el verano y d) durante el otoño.

1.1.10.3 Distribución vertical de salinidad

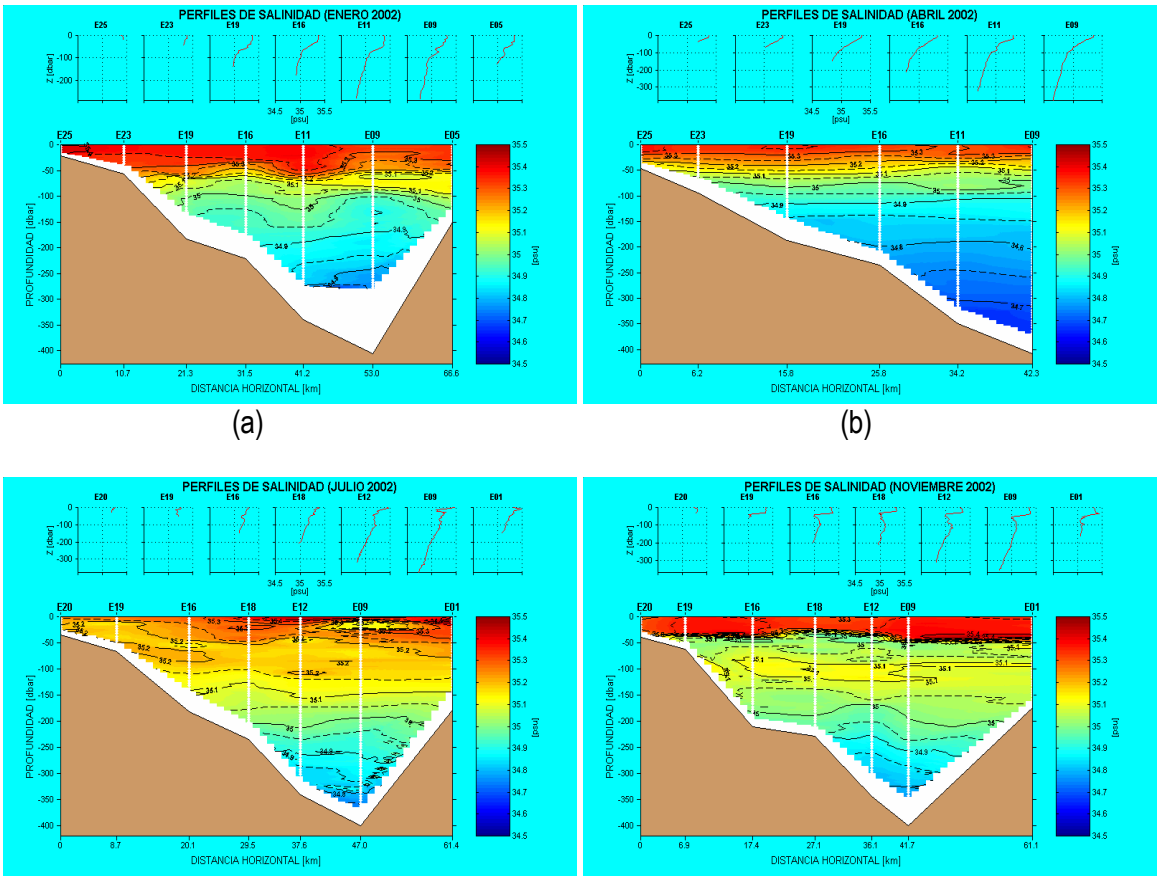
Durante el invierno, la distribución vertical de salinidad muestra que existe una fuerte estratificación y la capa de mezcla tiene un espesor entre 40 y 50 m, profundidad a la que se encuentra la haloclina. Las mayores salinidades se encuentran en la superficie (35.50 ups) y disminuyen hasta 35.20, a los 50 m de profundidad; el gradiente de salinidad es más fuerte en la parte central y sur de la bahía. Por debajo de la haloclina la salinidad disminuye gradualmente hasta alcanzar las 34.70 ups a los 250 m de profundidad (Fig. 1-15a).

En la primavera también se observa una estratificación, pero la distribución es más uniforme que en el invierno; la capa de mezcla es de menor espesor (~35 m) con salinidad en la superficie de 35.40 ups y 35.20 en la base de la haloclina, que se encuentra a los 35 m de profundidad. A partir de los 35 m la salinidad disminuye gradualmente hasta alcanzar las 34.80 ups a los 250 m de profundidad (Fig. 1-15b).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

La distribución vertical de salinidad durante el verano, no muestra una estratificación clara, aunque en la parte central y norte de la bahía se observa una débil estratificación. La presencia de lentes de agua de menor salinidad rodeados de aguas de mayor salinidad indica que la columna de agua es inestable debido a que se encuentra en desarrollo la formación de la capa de mezcla. La salinidad en la superficie varía entre 35.20 y 35.50 ups y disminuye gradualmente con la profundidad hasta alcanzar 34.8 ups a los 350 m. En la parte central y norte de la bahía, donde se observa una estratificación más fuerte, la haloclina se encuentra entre los 35 y los 40 de profundidad (Fig. 1-15c).

En el otoño, la distribución vertical de salinidad exhibe una fuerte estratificación con una capa de mezcla de espesor variable. En la parte norte alcanza casi los 50 m, mientras que en las partes sur y central los espesores son de 40 y 30 m, respectivamente. Inmediatamente por debajo de esta capa de mezcla se ubica la haloclina. La salinidad es uniforme en toda la capa de mezcla con 35.5 ups y disminuye gradualmente con la profundidad hasta 34.80 ups a los 350 m (Fig. 1-15d).



(a) (b)

(c) (d)

Figura 1-15. Distribución vertical de salinidad en la Bahía de La Paz: a) durante el invierno; b) durante la primavera; c) durante el verano y d) durante el otoño.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

1.1.10.4 Distribución espacial de salinidad

Durante el invierno la distribución superficial de salinidad muestra dos gradientes suaves que convergen hacia la parte central de la bahía. Ambos gradientes se extienden hacia el centro de la bahía, el primero desde la Boca Grande y el segundo desde la parte suroeste. Desde la parte noroeste, frente a Punta Coyote y hacia el sureste, en dirección a la isla La Partida, se extiende una lengua de agua de menor salinidad. Las mayores salinidades se encuentran en la parte suroeste de la bahía y en la Boca Grande, mientras que las menores se encuentran frente a Punta Coyote (35.30 ups) y en la parte central de la bahía. Los valores fluctúan entre 35.31 y 35.39 ups, (Fig. 1-16a).

En la primavera la distribución superficial de salinidad es completamente diferente a la del invierno. En esta época se observan núcleos dispersos de aguas de salinidad baja y de salinidad alta. Las mayores salinidades se observan a lo largo de una franja que se extiende en dirección sureste noroeste (entre la Isla Espíritu Santo y Punta Cabeza de Mechudo), el núcleo de mayor salinidad se ubica frente a la isla Espíritu Santo y otro más pequeño en la parte central de esta franja (frente a la entrada de la Boca Grande); este núcleo se encuentra en contacto con otro de mayor tamaño y menor salinidad que se ubica en la parte sureste de la Boca Grande. En la parte central y suroeste de la bahía se observan tres núcleos de agua de menor salinidad. Los valores oscilan entre 35.27 y 35.40 ups. Esta distribución de salinidad indica que la capa de agua superficial se encuentra en proceso de mezcla por lo que la distribución es en forma de parches, (Fig. 1-16b).

En el verano la distribución superficial de salinidad presenta un núcleo de agua de mayor salinidad localizado en la parte central de la bahía, rodeado de aguas de menor salinidad. A partir de este núcleo se observa que el gradiente es suave hacia el noroeste y más fuerte hacia el sureste, donde se encuentran las aguas de menor salinidad. Los valores varían de 35.50 ups en el centro del núcleo a 35.25 ups en la parte sureste de la bahía, (Fig. 1-16c).

Durante el otoño la distribución superficial muestra dos núcleos de agua de menor salinidad, uno ubicado en la parte central y otro frente a Punta Cabeza de Mechudo. Así mismo, se observa un núcleo de agua de salinidad ligeramente mayor localizado frente a Punta Las Tarabillas. Las mayores salinidades se encuentran hacia la parte occidental de la bahía y las menores en la parte central, noroeste y sur; los valores oscilan entre 35.30 y 35.40 ups, (Fig. 1-16d).

En forma general, la distribución horizontal de salinidad sigue *grosso modo* la configuración de la temperatura, no varía mucho y casi no influye sobre el campo de densidad. La haloclina presenta profundidades mayores que la termoclina.

Los perfiles hidrológicos muestran el patrón de estratificación siguiente: capa superficial de mezcla de 35 a 45 m de profundidad, con distribución vertical de T, S y densidad casi constante; la termoclina y la picnoclina se encuentran entre los 40 y los 60 m de profundidad. Dicha estratificación da origen a procesos hidrodinámicos en la bahía que inciden en la distribución de material disueltos y suspendido en el agua de mar.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

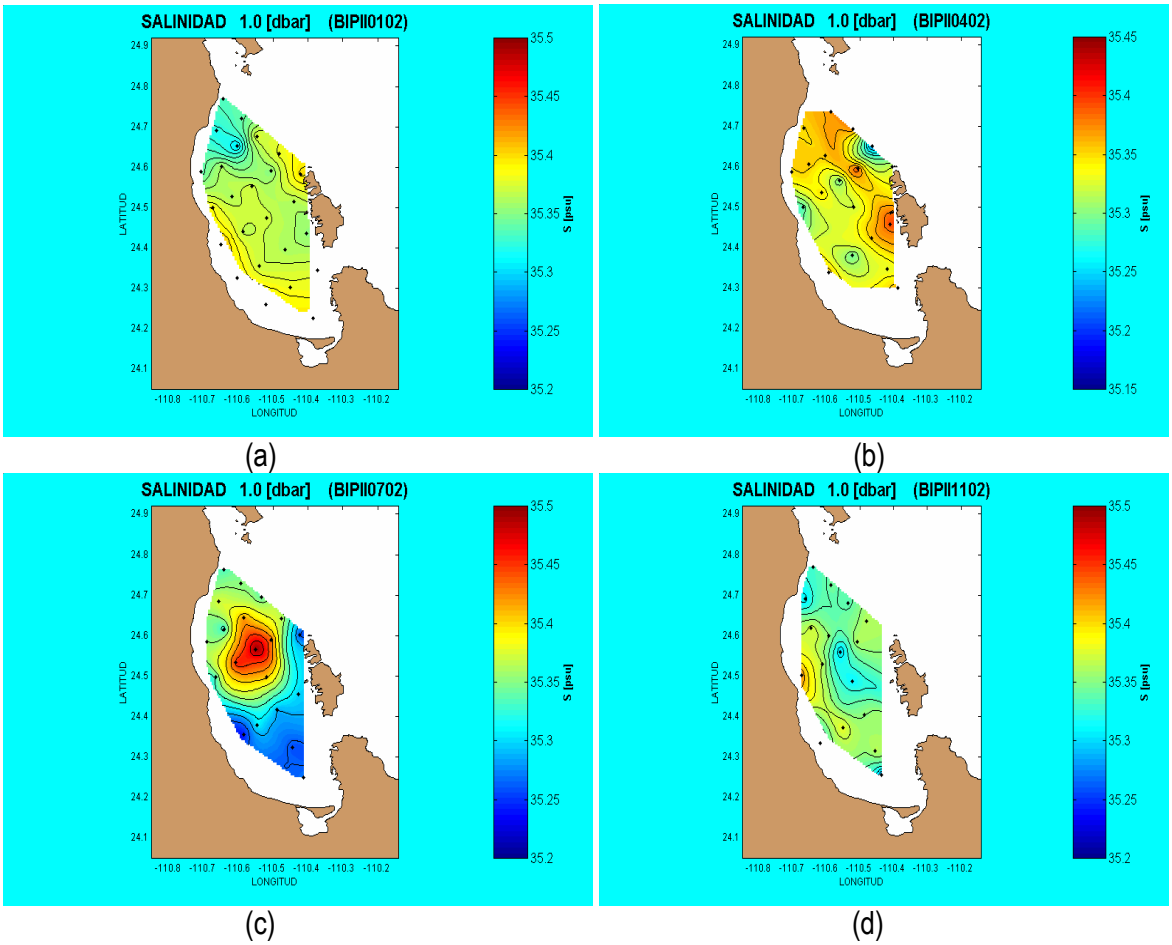


Figura 1-16. Distribución superficial de salinidad en la Bahía de La Paz: a) durante el invierno; b) durante la primavera; c) durante el verano y d) durante el otoño.

1.1.10.5 Oxígeno disuelto

Durante la primavera la distribución vertical de oxígeno disuelto muestra valores altos hasta una profundidad aproximada de 20 m. La distribución y profundidad de la isolínea de los 5 ml/litro concuerda aproximadamente con la distribución y profundidad de la isoterma de los 20 ºC. La distribución de oxígeno se presenta más o menos estratificada, disminuyendo los valores conforme aumenta la profundidad. La distribución de las isolíneas de los 3.0 y 4.0 ml/litro, corresponde más o menos con la distribución y profundidad de la termoclina. El mínimo valor de oxígeno disuelto (2.0 ml/litro) se encontró en la parte central de la bahía a una profundidad de 50m (Villaseñor-Casales, 1976).

La distribución vertical de oxígeno muestra valores altos de 5.0 ml/litro en la capa de mezcla (0-20 m). La profundidad y distribución de la isolínea de los 5.0 ml/litro es consistente con la capa de mezcla. Los altos valores encontrados se debieron a oxigenación de las capas superficiales. Esta fue producida por la turbulencia provocada por los fuertes viento que se presentan en esta época del año.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

1.1.10.6 Densidad relativa

La densidad relativa aumenta con la profundidad mostrando un sistema estable, en la superficie se tienen valores entre 22 y 25 kg m^{-3}, mientras que en el fondo alcanza valores de 26.5 kg m^{-3}. Las menores densidades se presentan a finales del verano y principios del otoño y las mayores a finales del invierno.

Durante el invierno la densidad relativa a 25 m de profundidad, muestra valores de de 24.92 kg m^{-3} en la parte norte de la bahía y de 24.80 kg m^{-3} en la parte norte de las islas y frente a la costa sur de la bahía (Jiménez-Illescas, 1996). De acuerdo con este autor, en la parte central de la bahía, a los 100 m de profundidad se presentan los valores máximos con 25.64 kg m^{-3}, mientras que los mínimos se ubican en la parte norte de las islas, siendo estos de 25.55 kg m^{-3}. A los 200 m de profundidad la distribución de densidad relativa es muy homogénea con valores entre 26.05 y 26.06 kg m^{-3}.

A finales de la primavera la densidad relativa es de 22.00 kg m^{-3} en la superficie y 25 kg m^{-3} a una profundidad de 50 m, punto en el que se presenta la termoclina, para posteriormente aumentar hasta 26.00 kg m^{-3} a los 130 m de profundidad.

A principios del verano la densidad superficial en la parte oriental de la bahía es de 22.90 kg m^{-3} y aumenta a 24.50 kg m^{-3} a los 35 m de profundidad a la cual se presenta la picnoclina. A profundidades mayores se observa un aumento de la densidad hasta llegar a 26 kg m^{-3} a una profundidad de 130 m. En la parte occidental de la bahía, la densidad superficial es similar a la de la parte oriental, sin embargo, el gradiente vertical es mayor ya que la picnoclina se encuentra a los 55 m de profundidad donde la densidad es de 24.90 kg m^{-3} y aumenta hasta 26 kg m^{-3} a los 130 m de profundidad. A finales del verano existe poca variabilidad en la densidad, apreciándose una amplia capa de mezcla entre 0 y 50 m de profundidad con una densidad superficial de 22.00 kg m^{-3} hasta 23.00 kg m^{-3} a los 60 metros.

En el otoño la densidad es de 22.00 kg m^{-3} en la superficie hasta 23.90 kg m^{-3} a los 30 m ubicándose a esta profundidad la picnoclina. Posteriormente empieza a aumentar gradualmente hasta llegar a los 26.00 kg m^{-3} a una profundidad de 130 m.

En términos generales, durante el verano-otoño la variabilidad espacial es muy poca, a excepción de aquellos días en los que la influencia meteorológica se hace presente. Lo anterior se puede corroborar por la estratificación que se presenta en esta época del año que le da estabilidad a la columna de agua y hace que la bahía se comporte como un sistema barotrópico, en el cual la densidad y la estructura termohalina son completamente homogéneas verticalmente.

En los meses del otoño, la insolación disminuye y la estabilidad de la columna de agua se debilita, por la distribución vertical de la temperatura y el aumento de la mezcla de agua en la capa superficial debido al aumento en la intensidad de los vientos y por la influencia de las tormentas tropicales. Conforme progresa el otoño, se va engrosando la capa superficial de mezcla, observándose que la sigma-t de las 22.60 unidades se encuentra alrededor de los 50 m de profundidad.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

En el verano, el impacto atmosférico local provoca una estratificación intensa desde la superficie con gradientes verticales de temperatura fuertes y aumento de salinidad hasta de 0.4 ups (por la intensa evaporación). En otoño, la intensa mezcla vertical (forzada por el viento) forma la capa superficial de mezcla hasta los 50 m.

La falta de homogeneidad en el calentamiento, la evaporación y la intrusión de agua a través de las bocas, originan la distribución de masa y como resultado, se tiene una capa de agua superficial menos densa que se encuentra en el centro de la bahía. La estructura termohalina provoca las corrientes del gradiente de densidad que compensan las inclinaciones de las isopicnas, sugiriendo la existencia de un giro estable anticiclónico en la bahía (Fig. 1-17).

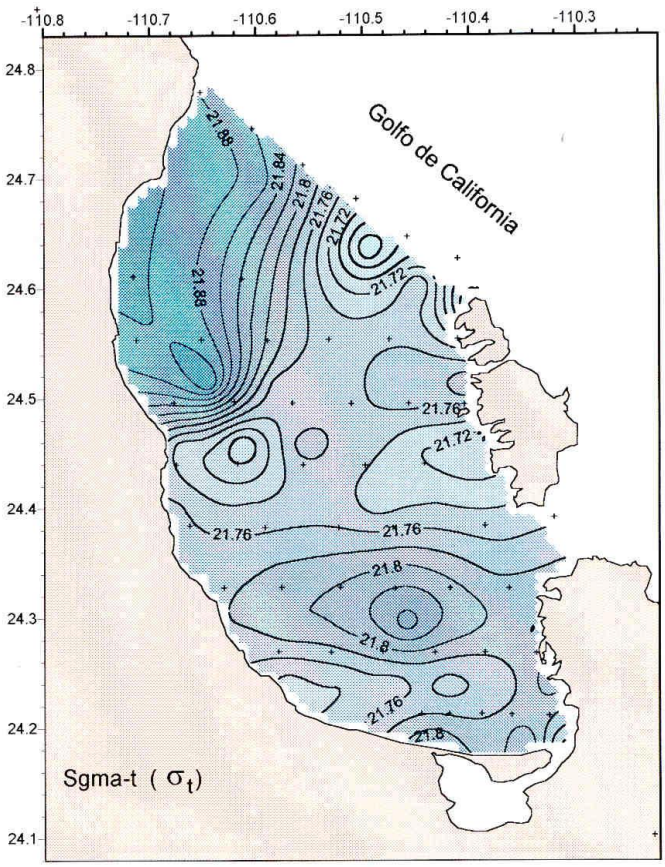


Figura 1-17. Distribución de densidad en la Bahía de La Paz (tomado de Salinas, 2000).

1.1.10.7 Masas de agua

La Bahía de La Paz, una cuenca costera somera del Golfo de California intercambia aguas de la capa de mezcla con el Golfo de California, predominantemente a través de la Boca Grande ubicada en la parte noreste de la bahía. El Agua Superficial Ecuatorial (ASE) fluye del golfo a la bahía; una

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

vez ahí, debido a procesos de evaporación, esta agua incrementa su salinidad por arriba de las 35.00 ups y se convierte en la masa de Agua del Golfo de California (AGC).

Debido a la comunicación entre la bahía y el golfo, los cambios oceanográficos que ocurren en el Golfo de California se reflejan en la bahía. Por ejemplo, cuando el fenómeno oceanográfico "El Niño" ocurre, existe una mayor entrada de Agua Superficial Ecuatorial (ASE) al golfo y también a la Bahía de La Paz. Emilson y Alatorre (1997) menciona que en la cuenca La Paz (no la bahía) se encuentra un giro ciclónico baroclínico, que presumiblemente introduce agua a la Bahía de La Paz a través de la Boca Grande.

De acuerdo con la clasificación de masas de agua del Golfo de California sugerida por Torres-Orozco (1993), los diagramas T-S de la Bahía de La Paz muestran únicamente tres masas de agua: Agua del Golfo de California (AGC; S ≥35.00 ups , T ≥12 ºC), Agua Superficial Ecuatorial (ASE; S < 35.00 ups, T ≥ 18 ºC), Agua Subsuperficial Subtropical (ASS; 34.50 ups < S < 35.00 ups; 9 <T < 18 ºC). En la Boca Grande, fuera de la bahía, se encuentra Agua Intermedia del Pacífico (AIP; 34.50 ups < S < 34.80 ups; 4 < T < 9 ºC).

Según Monreal-Gómez, et. al., (2001), la distribución vertical de salinidad superimpuesta por las isotermas de 18 y 12 ºC, revela la distribución vertical de las masas de agua. La isohalina de las 35.00 ups marca el límite inferior del AGC y la isoterma de los 18 ºC el limite inferior del ASE. Salinidad mayor de 35.00 ups se observa entre la superficie y una profundidad de 25 m. Esto sugiere que la parte superior del ASE, debido a procesos de evaporación incrementó su salinidad y en consecuencia se transformó en AGC. A profundidades entre 25 y 60 m, el ASE mantiene sus propiedades de temperatura y salinidad. A mayores profundidades, desde los 60 m y hasta el fondo, se encuentra el ASS.

Monreal-Gómez (op. cit.), señala que en la parte sur del Golfo de California, usualmente en la superficie, se observa el ASE. Por lo tanto, la presencia del AGC en la Bahía de La Paz podría tener dos explicaciones: (1) se forma dentro de la bahía a través de la modificación del ASE (incrementando su salinidad) o (2) entra a la bahía desde la parte norte del Golfo de California. Debido a que la salinidad superficial se incrementa de la Boca Grande hacia el interior de la bahía y la capa del AGC es de mayor espesor dentro de la misma, se sugiere que esta agua se forma dentro de la bahía. Una alta evaporación como la que se observa en la Bahía de La Paz podría incrementar la salinidad y por lo tanto transformar el ASE en AGC.

En el invierno en la Bahía de La Paz se observa la presencia de tres masas de agua: *1) Agua del Golfo de California (AGC)* altamente salina (S>35 ups) y con temperaturas entre 14 y 29 ºC localizada entre la superficie y los 250 m de profundidad; *2) Agua Superficial Ecuatorial (ASE)* con salinidades menores a 35 ups y temperaturas mayores a los 18 ºC, localizada entre la superficie y los 100 m; y *3) Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt)* con salinidades de 34.8 ups y temperaturas entre 12 y 17 ºC, localizada entre los 250 y los 300 m de profundidad. A finales de la primavera se han identificado *AGC* y *ASE* y durante el verano-otoño *AGC*, *ASE* y *ASsSt.*
Según Salinas González (2000), la estructura termohalina profunda de la Bahía de La Paz posiblemente se forma bajo un equilibrio anual entre los procesos atmosféricos y la interacción del agua con la región adyacente del Golfo de California. En verano el impacto atmosférico local provoca

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

una estratificación intensa desde la superficie con gradientes verticales de temperatura de hasta 0.3 ºC/m y un aumento de salinidad hasta de 0.4 ups (por la intensa evaporación). En el otoño la intensa mezcla vertical (forzada por el viento) forma la capa superficial de mezcla hasta los 50 m. A profundidades mayores a los 150 m no se registran variaciones significativas en la temperatura, salinidad y densidad. El cuerpo de agua profunda tiene su propia inercia termohalina y se forma bajo la influencia de las aguas adyacentes, sin tener las caracteristicas T-S del Agua del Golfo de California. La formación del agua de la bahía se debe a la mezcla local profunda durante el invierno y por la influencia del Agua Subsuperficial Subtropical que entra al Golfo de California y que es de menor salinidad que la del propio golfo.

1.1.10.8 Distribución vertical de nutrientes

La descripción de nutrientes, clorofila, seston, productividad primaria y transparencia, que se presenta a continuación, se obtuvo, resumió y editó de Reyes-Salinas (1999).

En la Bahía de La Paz las concentraciones superficiales promedio de nitratos (NO_3), nitritos (NO_2), fosfatos (PO_4) y silicatos (SiO_2) muestran una marcada estacionalidad. El máximo se observa a finales del invierno para los tres primeros (3.61, 0.19 y 0.92 µg-at/l) y disminuyen sensiblemente hacia finales de la primavera y principios del verano, en donde se obtienen valores de 0.02 µg-at/l para NO_2, de 0.25 µg-at/l para NO_3 y de 0.38 µg-at/l para PO_4 a finales del verano. En lo que respecta a silicato, este presenta un máximo en la primavera (30.33 µg-at/l) y un mínimo en el verano (1.89 µg-at/l).

A finales de la primavera la distribución vertical de NO_3, NO_2, PO_4 y SiO_2, presenta valores promedio muy constantes en el estrato superficial (0.36, 0.02, 0.67 y 2.90 µg-at/l respectivamente). Entre el estrato superficial y los 30 m de profundidad se observa que las concentraciones de estos nutrientes se incrementan, registrándose valores de 1.43, 0.10, 0.94 y 7.41 µg-at/l respectivamente). A profundidades mayores a 30 m, las concentraciones obtenidas fueron de 5.21, 0.65, 1.36 y 10.75 µg-at/l para NO_3, NO_2, PO_4 y SiO_2, respectivamente.

En el verano, el incremento en la concentración de los nutrientes con la profundidad es significativamente mayor que en la primavera en los estratos < a 30 m y > a 30 m con respecto al estrato superficial. En este último se observa que los NO_3 se incrementaron ligeramente (0.50 µg-at/l). Los NO_2 permanecen constantes (0.03 µg-at/l) y los PO_4 (0.38 µg-at/l) y SiO_4 (1.89 µg-at/l) disminuyeron. En los estratos < a 30 y > a 30 m, los valores obtenidos fueron significativamente mayores NO_3: 1.10, 4.09; NO_2: 0.03, 0.23; PO_4: 0.44, 0.85 y SiO_2: 2.62, 4.57 µg-at/l respectivamente)

Durante la primavera-verano se observa que la estructura térmica tiene efecto sobre la distribución vertical de los nutrientes, los cuales son mejor diferenciados en las capa superficial, < 30 m y subsuperficial > 30 m. En esta época se observa que la máxima concentración se encuentra a profundidades mayores a 30 m, profundidad a la que presumiblemente se localiza la nutriclina.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

1.1.10.9 Distribución espacial de nutrientes

En general los nitratos (NO_3) presentan una mayor variabilidad espacial mientras que los nitritos (NO_2), fosfatos (PO_4) y silicatos (SiO_2) tienen un comportamiento más uniforme. A finales del invierno, la distribución espacial de nitratos muestra que las concentraciones son mayores en la zona somera e intermedia de la bahía con concentraciones por arriba de 3.00 µg-at/l, mientras que en la zona profunda oscilan entre 1.00 y 3.00 µg-at/l.

A principios de la primavera las concentraciones más altas se presentan cerca de las islas La partida y Espíritu Santo (> 3.00 µg-at/l). En las zonas intermedia y somera las concentraciones se encuentran entre 1.00 y 3.00 µg-at/l. A finales de la primavera es evidente un cambio en la distribución de nitratos ya que estos se presentan muy uniformes en toda la bahía. Las concentraciones van desde ND hasta 1.00 µg-at/l, excepto en la zona profunda (cercana a las islas), en la que se presentan valores entre 1.10 y 1.50 µg-at/l.

En el verano, la distribución espacial de NO_3 es muy uniforme en toda la bahía. Las concentraciones oscilan entre ND y 1.00 µg-at/l. Observándose en la zona intermedia valores hasta de 3.00 µg-at/l. Finalmente, en el otoño las concentraciones aumentan en las tres zonas de la bahía (somera, intermedia y profunda) con concentraciones en el intervalo de 1.00 a 3.00 µg-at/l. Excepto en algunas zonas donde se presentan valores mayores a 3.00 µg-at/l.

La concentración de nitritos (NO_2) superficiales varían generalmente en un intervalo entre ND y 0.30 µg-at/l. Observándose a finales del invierno las máximas concentraciones. Así mismo, la distribución espacial nos muestra que la zona profunda e intermedia de la bahía presenta las máximas concentraciones las cuales varían entre 0.10 y 0.30 µg-at/l y las mínimas (ND a 0.10 µg-at/l) se localizan en la parte somera de la bahía.

La distribución espacial de fosfatos es muy uniforme a lo largo del año, con concentraciones que oscilan entre 0.50 y 1.50 µg-at/l. Es posible observar que la zona intermedia presenta valores mayores a 1.50 µg-at/l. Así mismo, en la zona somera se registran valores dentro del intervalo ND a 0.50 µg-at/l.

La concentración de silicatos (SiO_2) presenta una diferencia espacial más notoria. En la mayor parte de la zona profunda se tienen concentraciones de 5.00 a 10.00 µg-at/l. La zona intermedia es la que presenta una mayor variabilidad, observándose un gradiente frente a la isla Espíritu Santo con concentraciones que van desde ND hasta 10.00 µg-at/l encontrándose los valores más bajos en el centro y en la periferia los valores mayores a 10.00 µg-at/l. En la zona somera los valores fluctúan entre ND y 5.00 µg-at/l cerca de la costa y se registra un incremento hacia la zona intermedia.

1.1.10.10 Clorofila

La concentración de clorofila a (Cla) presenta un patrón estacional claro con concentraciones máximas a finales del invierno. Durante la primavera y el verano se observa un decremento hasta alcanzar las concentraciones mínimas en el otoño (0.06 mg m^{-3}).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Durante el invierno la distribución superficial de la concentración de clorofila a muestra un gradiente de sureste a noroeste con concentraciones desde indetectadas hasta > 1.00 mg m^{-3}. En la zona profunda se encuentran concentraciones que oscilan entre 0.50 y 1.00 mg m^{-3}; las mayores concentraciones en la zona intermedia se presentan frente a las islas y las menores hacia la línea de costa. En la zona somera las menores concentraciones (ND a 0.50 mg m^{-3}) se registraron frente a la Ensenada de La Paz.

En la primavera las concentraciones de clorofila a varían entre 0.5 y 1.5 mg m^{-3}. La región intermedia de la bahía presenta concentraciones entre 0.6 y 1.00 mg m^{-3} con un núcleo frente a las islas que presenta concentraciones hasta de 1.50 mg m^{-3}. A lo largo de la costa occidental y frente a la península de Pichilingue (en la zona de influencia del intercambio con la Ensenada de La Paz), las concentraciones se encuentran entre 0.60 y 1.00 mg m^{-3}.

Para el verano se observa que la bahía presenta una homogenización total en la concentración superficial de Cla la cual se encuentra en concentraciones desde indetectable hasta 0.5 mg m^{-3}. Concentraciones altas hasta de 1.90 mg m^{-3} se presentan frente a la Ensenada de La Paz y en la zona profunda del lado de las islas. Durante el otoño la homogeneidad es aún mayor que durante el verano con concentraciones de Cla menores de 0.5 mg m^{-3}.

1.1.10.11 Seston

La distribución espacial de la concentración de seston a finales del invierno, presenta un gradiente de oeste a este que se caracteriza por tener concentraciones que van desde indetectables hasta 0.50 mg m^{-3} en la región somera y profunda, con las mayores concentraciones en la zona intermedia de la bahía (1.10 – 1.50 mg m^{-3}).

A principios de la primavera existe un gradiente noroeste-sureste cuyas concentraciones van desde lo indetectable hasta 2.00 mg m^{-3} en la región cercana a la entrada a la Ensenada de La Paz. A medida que transcurre la primavera este gradiente tiende a desvanecerse y el patrón observado corresponde a núcleos con concentraciones desde lo indetectable hasta 0.50 mg m^{-3} en la región intermedia y profunda. Sin embargo, puede apreciarse que el resto de la bahía presenta concentraciones desde 0.60 a 1.00 mg m^{-3}.

A finales del verano el patrón de distribución del seston cambia notoriamente observándose casi una completa homogeneidad en toda la bahía con concentraciones desde indetectables hasta 0. 50 mg m^{-3}. Las máximas concentraciones se presentan del lado de las islas (0.60 a 1.00 mg m^{-3}) y del lado somero cercano a la costa. En el otoño, al igual que a finales de verano, las concentraciones de seston son muy uniformes oscilando entre ND y 0.50 mg m^{-3} en las tres zonas de la bahía, a excepción de un área reducida en la zona somera donde la concentración es de 0.95 mg m^{-3}.

La Bahía de La Paz muestra un patrón estacional de clorofila total, fraccionada e integrada y el dominio del nanofitoplancton no se restringe a un período en particular (Signoret y Santoyo, 1980; Lavaniegos y López-Cortéz 1997). La bahía presenta concentraciones de clorofila integrada de 0 a 25 m propias de condiciones oligotróficas (< 10 mg Cla m^{-2}) durante el verano y condiciones

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

mesotróficas (90 Cla m^{-2}) el resto del año. Sin embargo en el seston no es posible observar un patrón definido, registrándose la máxima concentración en la primavera y la mínima en el otoño (0.24 mg m^{-3}).

1.1.10.12 Productividad primaria

La productividad primaria promedio muestra una tendencia estacional con valores máximos a finales del invierno (16.02 mg C m^{-3} h^{-1}) para después descender hasta llegar a un mínimo a finales del verano (2.17 mg C m^{-3} h^{-1}). En el otoño se incrementa de nuevo (5.39 mg C m^{-3} h^{-1}).

Durante la primavera, los perfiles verticales de productividad muestran valores máximos que oscilan entre 10 y 20 mg C m^{-3} h^{-1} a una profundidad entre 8 y 16 m, los valores más altos y menos profundos se presentan en la parte oriental de la bahía. A finales del verano la productividad primaria disminuye considerablemente con valores máximos entre 2 y 3 mg C m^{-3} h^{-1} a una profundidad de 25 a 35 m. El comportamiento es muy uniforme en toda la bahía, por lo que la variabilidad espacial es poca. En el otoño, la productividad primaria comienza a incrementarse nuevamente, encontrándose valores máximos de 7 mg C m^{-3} h^{-1} a una profundidad de 43 m.

Los valores mensuales de la productividad primaria superficial y la productividad primaria integrada no presentan diferencias significativas, lo cual confirma que la bahía sostiene una alta productividad comparada con el Golfo de California o el Océano Pacífico. Bajo este contexto la Bahía de La Paz puede ser considerada como una zona con elevada productividad fitoplanctónica con un marcado ciclo estacional de latitudes templadas.

Durante la primavera al iniciarse la estratificación de la columna de agua se observan los mayores valores promedio de NO_3 (3.61 µg-at/l), PO_4 (0.92 µg-at/l), SiO_2 (30.33 µg-at/l), Cla (0.89 mg m^{-3}), seston (0.69 g m^{-3}), productividad primaria superficial (16.02 mg C m^{-2} h^{-1}) y productividad primaria integrada (137.75 mg C m^{-2} h^{-1}).

En el verano se registra la mayor temperatura superficial (30.47 ºC) y se observa una fuerte estratificación de la columna de agua Φ (249-347 J m^{-3}) que promueve condiciones oligotróficas, con concentraciones de NO_3 de 0.25 µg-at/l en el verano, PO_4 de 0.38 µg-at/l, SiO_2 de 1.89 µg-at/l y Cla de 0.04 mg m^{-3}. Los valores mínimos de seston (0.24 g m^{-3}) se registran en el otoño y los valores mínimos de productividad primaria superficial e integrada se presentan a finales del verano (2.17 mg C m^{-2} h^{-1}) y (66.09 mg C m^{-2} h^{-1}), respectivamente.

1.1.10.13 Transparencia

La distribución espacial de la transparencia exhibe un gradiente a lo largo del eje longitudinal de la bahía. Los valores más bajos (4-10 m) se presentan a finales del invierno y los más altos (10-26 m) en el otoño, con un gradiente más homogéneo en el intervalo de 21 a 25 m, sin embargo, se aprecian núcleos entre los 15 a 20 m en la parte sur de la bahía. La menor transparencia se

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

presenta durante la primavera debido a una mayor resuspensión de partículas y concentración de clorofila *a* y seston; en el verano se observa una homogenización de toda la bahía con un intervalo entre 16 y 25 m, a excepción de la parte somera que presenta valores entre 5 y 15 m. Sin embargo, en esta época del año se presenta la mayor variabilidad, aparentemente relacionada con cambios meteorológicos. Esta variabilidad es parcialmente interpretada por la biomasa del fitoplancton y la influencia de los vientos dominantes.

1.2 ZONA COSTERA

1.2.1 Delimitación del área de estudio

El predio donde se desarrollará el proyecto se ubica en el extremo oriental de El Mogote; colinda al norte con la Bahía de La Paz y al sur con la Ensenada de La Paz, (Fig. 1-18).



Figura 1-18. Área de influencia del proyecto.

1.2.2 Configuración de los márgenes del sistema lagunar

La Ensenada de La Paz es una laguna costera de plataforma interna con barrera (Lankford, 1977); se encuentra separada de la Bahía de La Paz por una flecha arenosa (El Mogote) que se extiende

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

de occidente a oriente, por una longitud promedio de 11 km y un ancho que varía entre 0.3 y 3 km; cubre un área aproximada de 15 km^2. Así mismo, la flecha arenosa posee una cola larga y angosta que se extiende unos 14 km hacia el occidente hasta el arroyo El Cajón de Los Reyes (Punta El León).

Esta laguna costera se encuentra comunicada con la Bahía de La Paz por un canal de mareas que se bifurca en dos en su salida hacia la bahía; el canal principal sale a la altura de Punta Prieta, tiene una profundidad promedio de 8 m y un ancho de 800 m, mientras que el canal secundario que sale frente al extremo oriental de El Mogote, es más angosto y menos profundo. Este canal actualmente se encuentra en proceso de azolve.

1.2.3 Fisiografía

La fisiografía general de la zona adyacente a la Ensenada de La Paz se caracteriza por tener un relieve bajo, dominado por depósitos sedimentarios fluviales, marinos y eólicos. Destacan la planicie costera, la barrera arenosa (con elevaciones entre 2 y 15 m), la planicie aluvial y las tierras bajas (representadas por abanicos aluviales, cañadas y lomeríos disectados) (Fig. 1-19).

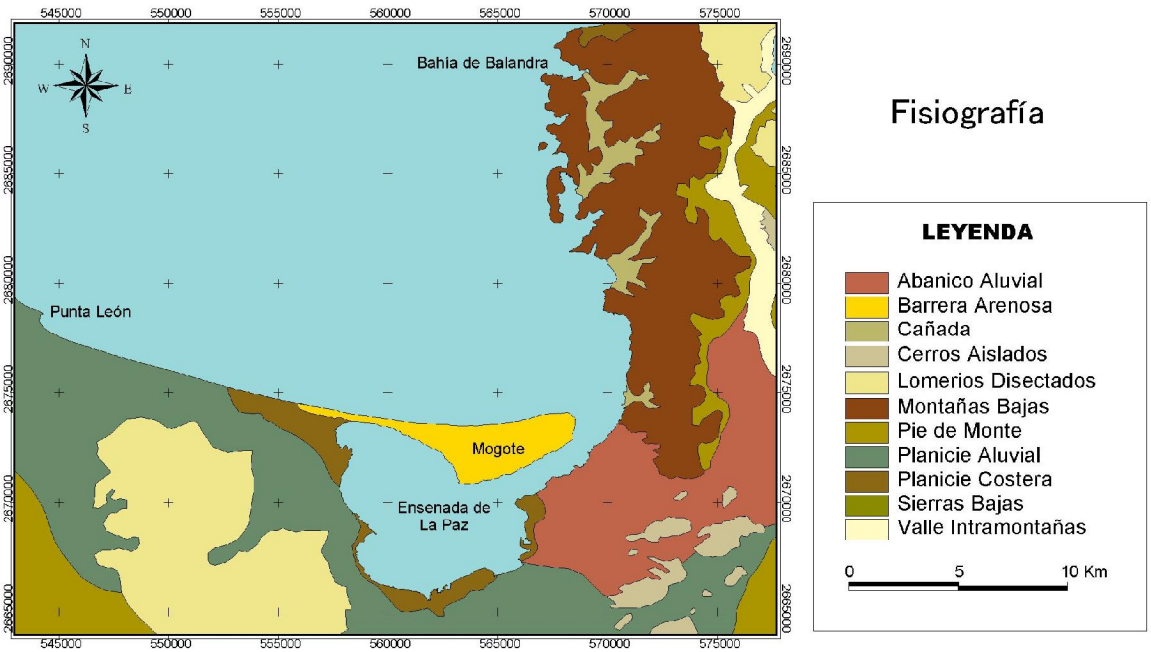


Figura 1-19. Rasgos fisiográficos (geoformas) de la zona adyacente a la Ensenada de La Paz.

La Ensenada de La Paz está bordeada por depósitos sedimentarios que presentan una marcada diferenciación morfológica y funcional a lo largo de su línea de costa (Fig. 1-20). El litoral norte está constituido por un sistema playa-duna donde destacan extensas planicies de marea, playas arenosas angostas y cordones de dunas. En la parte superior de la playa y hacia el interior de la

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

base de las dunas, se puede observar un horizonte de arenisca (probablemente roca de playa) medianamente cementada (ver fotografía 1 en anexo fotográfico).

En el extremo noroeste de la ensenada, la costa está formada por una planicie aluvial de composición areno-arcillosa, que es inundada periódicamente durante las mareas vivas y ocasionalmente por escurrimientos fluviales; a lo largo de su línea de costa se han desarrollado algunos ecosistemas de manglar (Estero Zacatecas)(ver fotografía 2 en anexo fotográfico).

La costa occidental de la Ensenada de La Paz, entre el Estero Zacatecas y Punta Comitán, está caracterizada por material tipo aluvión de consolidación variable. En este segmento de costa se observa un escarpe de erosión de baja altura (entre 1 y 3 m), que enfrenta un proceso de erosión y se encuentra en retroceso. Sin embargo, Punta Comitán es una zona de acumulación de sedimento, en donde se observa el desarrollo de una pequeña flecha arenosa, aunque con una tasa de crecimiento baja debido al escaso aporte de material. Las extensas planicies de marea son los rasgos sobresalientes en esta zona, mientras que las playas son extremadamente angostas o inexistentes (ver fotografías 3 y 4 en anexo fotográfico).

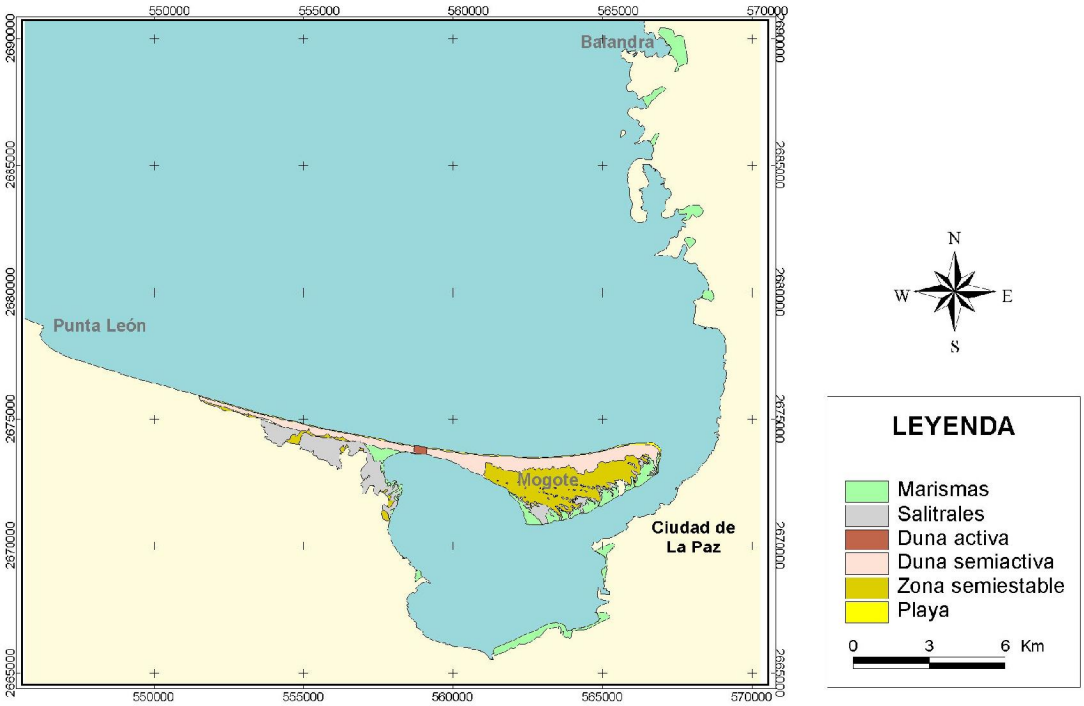


Figura 1-20. Rasgos geomorfológicos de la línea de costa de la Ensenada de La Paz.

La costa sur de la ensenada, entre Punta Comitán y CICIMAR, constituye la parte distal de la planicie aluvial del valle de La Paz; a lo largo de ella se han desarrollado extensas planicies de marea, marismas y ecosistemas de manglar, por lo que prácticamente no existen playas en esta zona.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

El litoral entre el CICIMAR y El Molinito, forma parte del abanico aluvial oriental de La Paz. Este segmento de costa se caracteriza por estar totalmente urbanizado por lo que la costa cae en la categoría de costas modificadas por el hombre; en esta zona se han desarrollado obras de infraestructura portuaria, turística, comercial y residencial (ver fotografía 5 en anexo fotográfico).

Entre el CICIMAR y Vista Coral, el canal de mareas pasa muy cerca de la orilla, por lo que las playas existentes son angostas o bien se han construido artificialmente; la presencia de marinas es común en esta zona.

La línea de costa entre el Muelle Turístico y El Molinito se caracteriza por la presencia del Malecón, instalaciones comerciales y playas artificiales confinadas por espigones (ver fotografía 6). La zona comprendida entre El Molinito y Punta Prieta, se distingue por la alternancia entre infraestructura urbana, portuaria, playas de bolsillo y acantilados rocosos de altura variable.

La línea de costa nor-oriental de la Ensenada (sud-oriental de El Mogote), destaca por la presencia de una franja prácticamente continua de ecosistemas de manglar, alternando con canales de marea que dan lugar a pequeños esteros; en la parte posterior de estos ecosistemas destacan las marismas. El canal de mareas se encuentra prácticamente pegado a esta franja de manglares por lo que en sentido estricto, no existen playas. Las planicies de marea son más amplias hacia la parte suroeste de este segmento de costa (ver fotografía 7). La cara de El Mogote del lado de la Bahía de La Paz, está constituida por sistemas playa-duna. Las playas son angostas pero con extensas planicies de marea (ver fotografía 8).

En síntesis, podemos decir que la línea de costa al sur y al occidente de la Ensenada de La Paz es de tipo primario, formada por procesos fluviales y se clasifica como una planicie costera. Sin embargo, su evolución reciente está controlada por procesos marinos, por lo que los rasgos que exhibe son de tipo secundario, por lo tanto, se trata de una costa de tipo primario modificada por procesos secundarios (desarrollo de manglares, marismas, planicies de marea).

La línea de costa ubicada al oriente de la Ensenada de La Paz, también es de tipo primario y está representada por la parte distal del abanico aluvial de La Paz; actualmente se clasifica como una costa modificada por el hombre. Las costas norte de la Ensenada y sudoriental de El Mogote, son de tipo secundario, es decir, formadas por procesos marinos.

1.2.4 Batimetría del frente costero y batimetría del sistema lagunar

En la Ensenada de La Paz se distinguen cuatro rasgos batimétricos importantes: a) una barra o bajo arenoso de forma aproximadamente triangular que se extiende en dirección noreste desde el extremo oriental del Mogote hasta Punta Prieta; este bajo tiene una pendiente suave y se inclina hacia el noreste en sentido longitudinal y al noroeste (hacia la bahía) en sentido transversal; b) un par de canales de marea a través de los cuales tiene lugar el intercambio de agua entre la ensenada y la bahía. El canal principal se extiende en dirección suroeste desde su entrada frente a Punta Prieta, hacia el interior y por el centro de la ensenada; este canal tiene forma parabólica, mide aproximadamente 16 km de largo y sus profundidades varían entre 6 y 10 m, siendo más ancho y

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

profundo en la zona entre Palmira y Punta Conchuelas (CICIMAR) y más angosto y menos profundo hacia Punta Prieta. El segundo canal entra directamente por el extremo oriental de El Mogote recurvando inmediatamente, para posteriormente extenderse en dirección suroeste hacia el interior de la ensenada. A partir del Muelle Fiscal y hacia el interior de la ensenada, se observan una serie de barras arenosas a lo largo de la parte central del canal. Estas barras dividen parcialmente el canal en dos canales paralelos, uno adyacente al Mogote y el otro a la ciudad de La Paz; c) un par de depresiones ubicadas al noroeste y suroeste de la ensenada con profundidades de 4 y 6 m respectivamente. El canal principal desemboca en la depresión ubicada al noroeste y divide a la ensenada en dos partes, una al norte y otra al sur del canal; la comunicación del canal con la depresión ubicada al suroeste y en general con la parte sur de la ensenada, es más restringida que con la parte norte debido a la presencia de un sistema de barras y canales paralelos al canal principal; d) extensas planicies de marea de pendiente muy suave y profundidades menores a dos metros que cubren aproximadamente el 50% del fondo de la Ensenada de La Paz (Fig. 1-21).

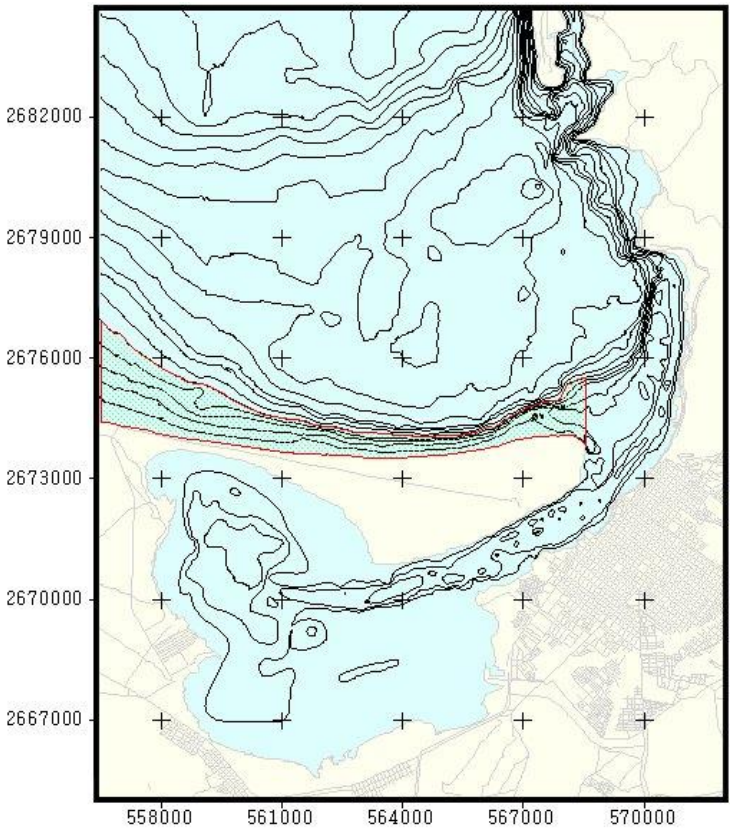


Figura 1-21. Rasgos batimétricos de la Ensenada de La Paz.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

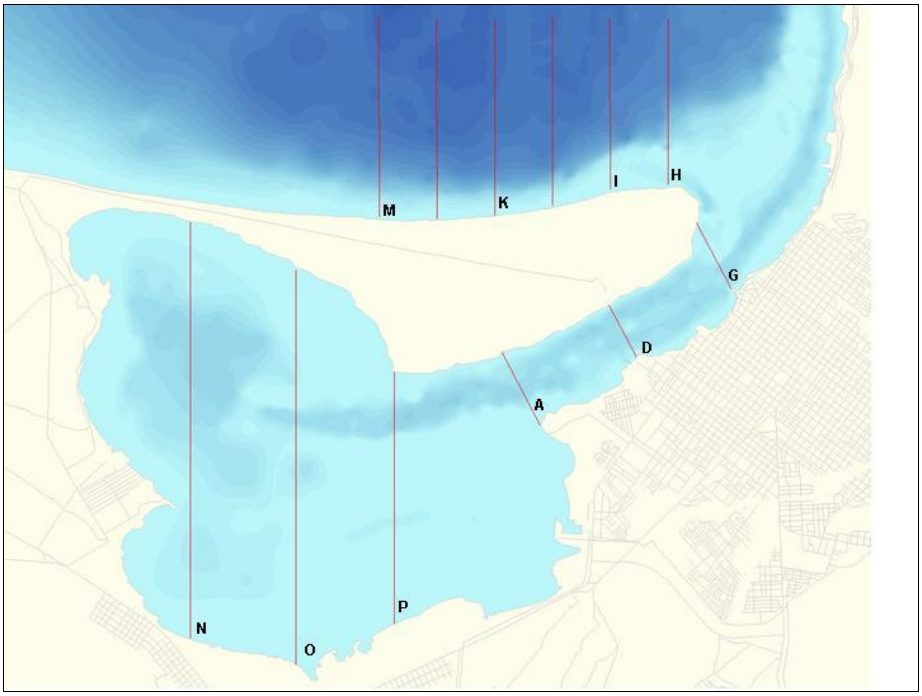


Figura 1-22. Ubicación de los perfiles batimétricos a través del canal de mareas y frente al Mogote.

1.2.5 Perfiles batimétricos

Todos los perfiles batimétricos están orientados de sur a norte y tienen origen en la línea de costa (Fig. 1-22). En estos perfiles se observa que el canal principal en la estación G pasa muy cerca de la costa frente a la ciudad de La Paz, mientras que en el perfil D este se carga del lado de El Mogote. Así mismo, se puede ver que la sección transversal del canal es aproximadamente parabólica y que la profundidad es mayor en D (8 m) con respecto a G (5 m); en ambos perfiles se observa la barra de arena que lo separa en dos canales, aunque esta es mas ancha en el perfil G. El perfil batimétrico de la sección A, difiere de los anteriores en cuanto a su morfología y, su profundidad es ligeramente mayor que la del perfil D. En este último se observa claramente en su parte sur, la planicie de marea (Fig.1-23).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

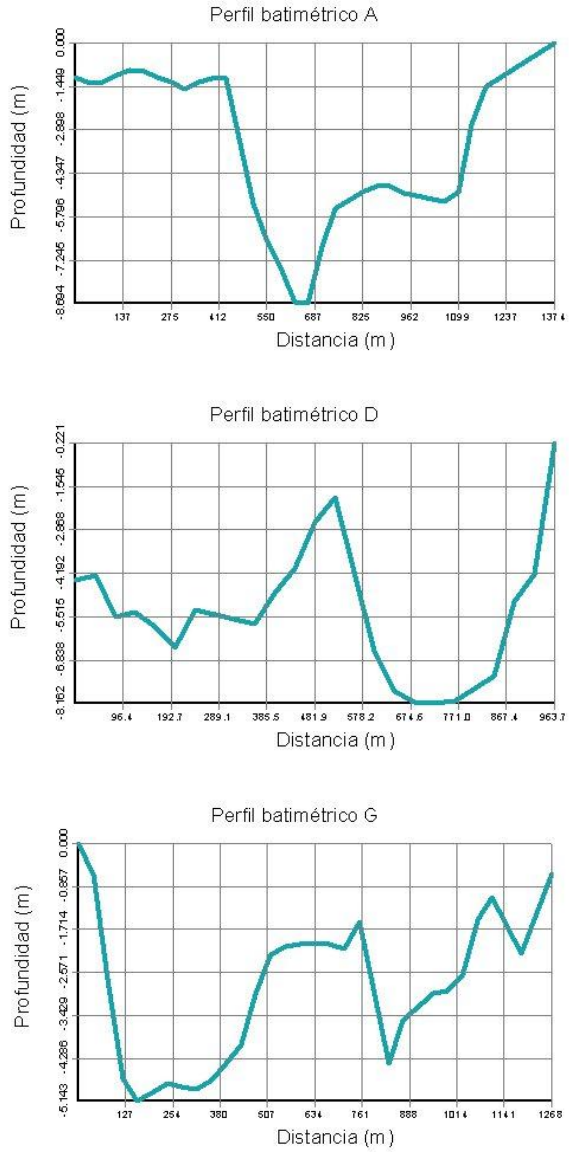


Figura 1-23. Perfiles batimétricos perpendiculares al canal de mareas de la Ensenada de La Paz (para su ubicación veáse la figura 1-22).

En los perfiles batimétricos del interior de la ensenada (N, O y P), los rasgos más notorios son los canales de marea, las extensas planicies y las depresiones ubicadas al suroeste y noroeste (Fig. 1-24). En el perfil N destacan básicamente las depresiones mencionadas, con profundidades de 2 y 5 m, respectivamente; en los extremos del perfil se observa que las planicies de marea se encuentran prácticamente al nivel medio del mar. En el perfil batimétrico O, sobresalen el canal principal con una profundidad de 5 m, dos canales paralelos a este con profundidades de 1 a 2 m y extensas planicies de marea. En el perfil P, se observa una extensa planicie de marea en la parte sur, cortada por un canalito secundario de 1 m de profundidad y el canal principal.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

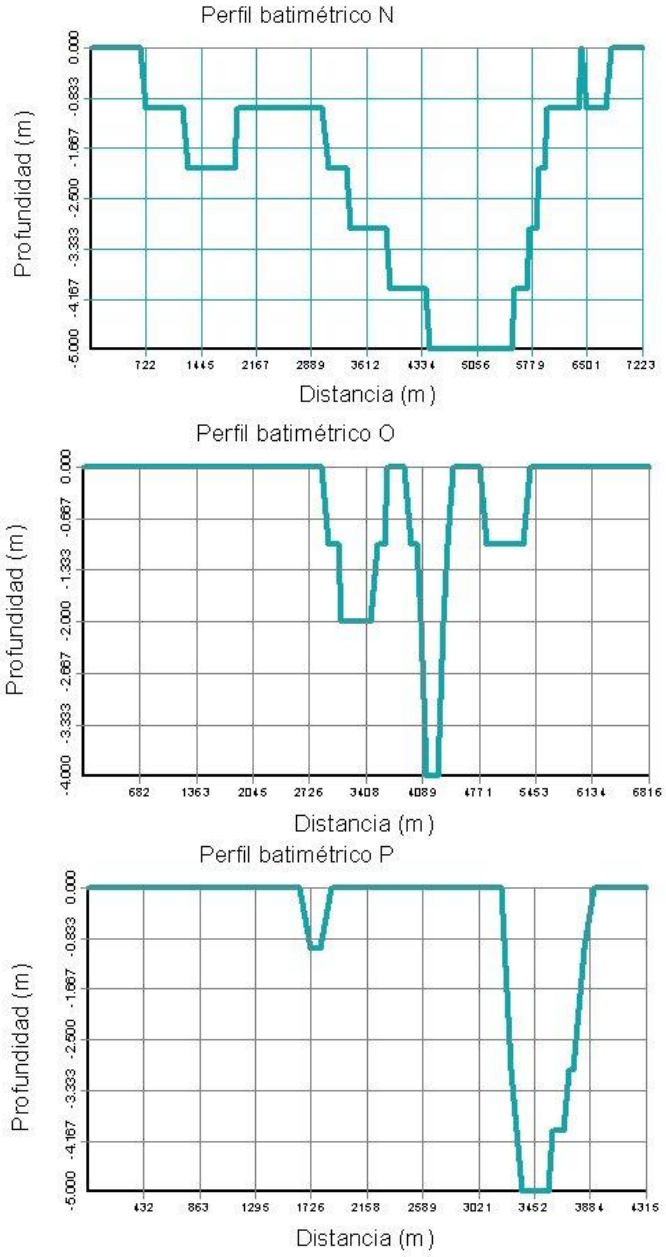


Figura 1-24. Perfiles batimétricos del interior de la Ensenada de La Paz.

Los perfiles de playa de la franja litoral frente al predio y en las áreas adyacentes, son típicos de isla de barrera, aunque estrictamente hablando, El Mogote no es una isla de barrera sino una flecha o espiga arenosa. El perfil de playa está compuesto por un cordón de dunas, una playa angosta y una planicie de marea extensa. La playa exhibe una morfología rítmica que cambia continuamente en función del régimen de oleaje imperante.

Los perfiles batimétricos de El Mogote, por el lado de la Bahía de La Paz, exhiben tres grandes rasgos morfológicos distintivos: a) la playa superior; b) el talud y c) la zona exterior. La playa superior

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

presenta una morfología de barras y canales, tiene una pendiente suave y se extiende desde la línea de playa hasta aproximadamente los 4 m de profundidad; se caracteriza por ser la zona más dinámica de la playa, donde tiene lugar la mayor parte del transporte de sedimento. El talud tiene una mayor pendiente, se encuentra entre los 4 y lo 18 m de profundidad y por lo regular no presenta una morfología. La zona exterior tiene una pendiente muy suave, se extiende en forma prácticamente horizontal por grandes distancias y se encuentra a una profundidad promedio de 20 m. Un aspecto importante de estos perfiles es la notoria regularidad de su forma general, debido a que la distancia desde la costa y la profundidad a la base del talud, son muy similares entre sí. La forma de estos perfiles sugiere la influencia de las corrientes y a su vez esta forma promueve la circulación paralela y a lo largo de El Mogote. La base del talud se puede ser considerada como el límite submarino de El Mogote.

Al interior de cada perfil se observan diferencias morfológicas, por ejemplo, en el perfil H, la parte superior exhibe un sistema de barras y canales bien definido; esta morfología se continúa sobre la zona del talud hasta prácticamente desaparecer en la zona plana del perfil. En los perfiles I, K y M, esta morfología es menos conspicua y los perfiles exhiben una mayor pendiente, (Fig. 1-25).

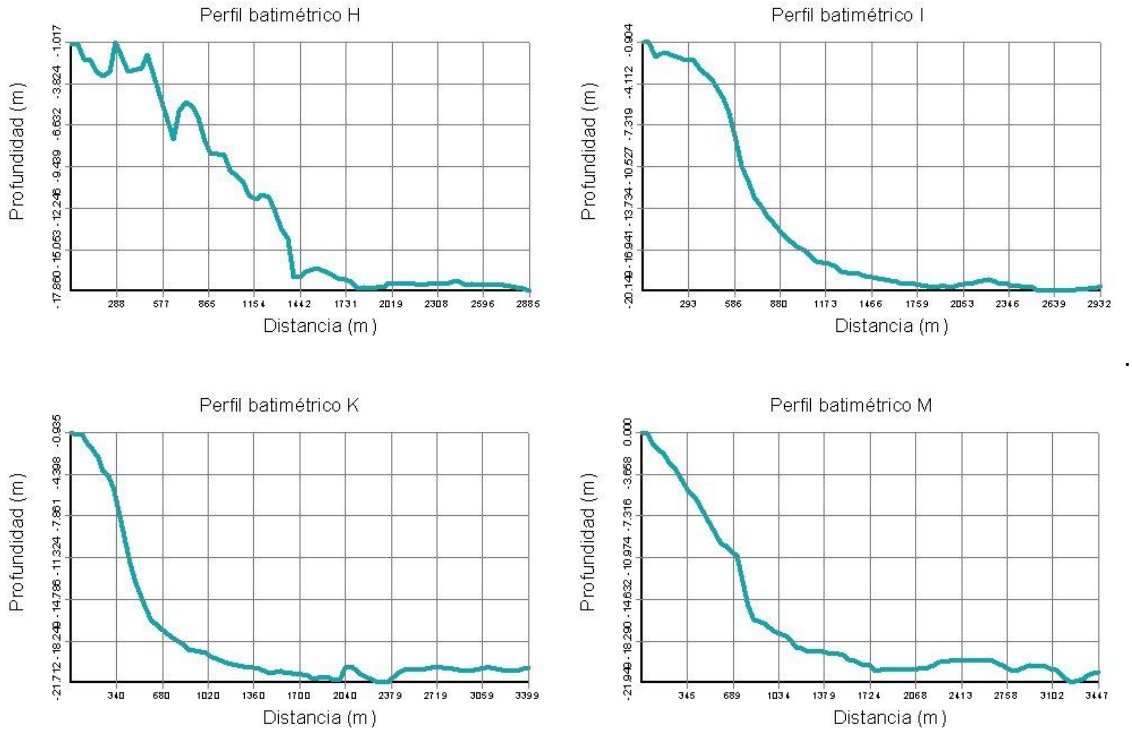


Figura 1-25. Perfiles de playa y batimétricos frente a la punta oriental del Mogote (viendo hacia la bahía).

A partir de esta información batimétrica de detalle, se construyó el modelo digital de elevación (batimétrico en este caso), con el cual es más fácil visualizar los rasgos batimétricos y obtener información cuantitativa. En la figura 1-26 se presentan algunas perspectivas de la batimetría, en las cuales se observan los rasgos descritos con anterioridad. En ellas se observan con claridad los dos

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

canales paralelos, separados por las barras de arena y el proceso de azolve del canal que sale frente a la punta de El Mogote. También se puede ver la plataforma interna paralela al Mogote, el talud y el fondo plano de la parte exterior, a los 20 m de profundidad.

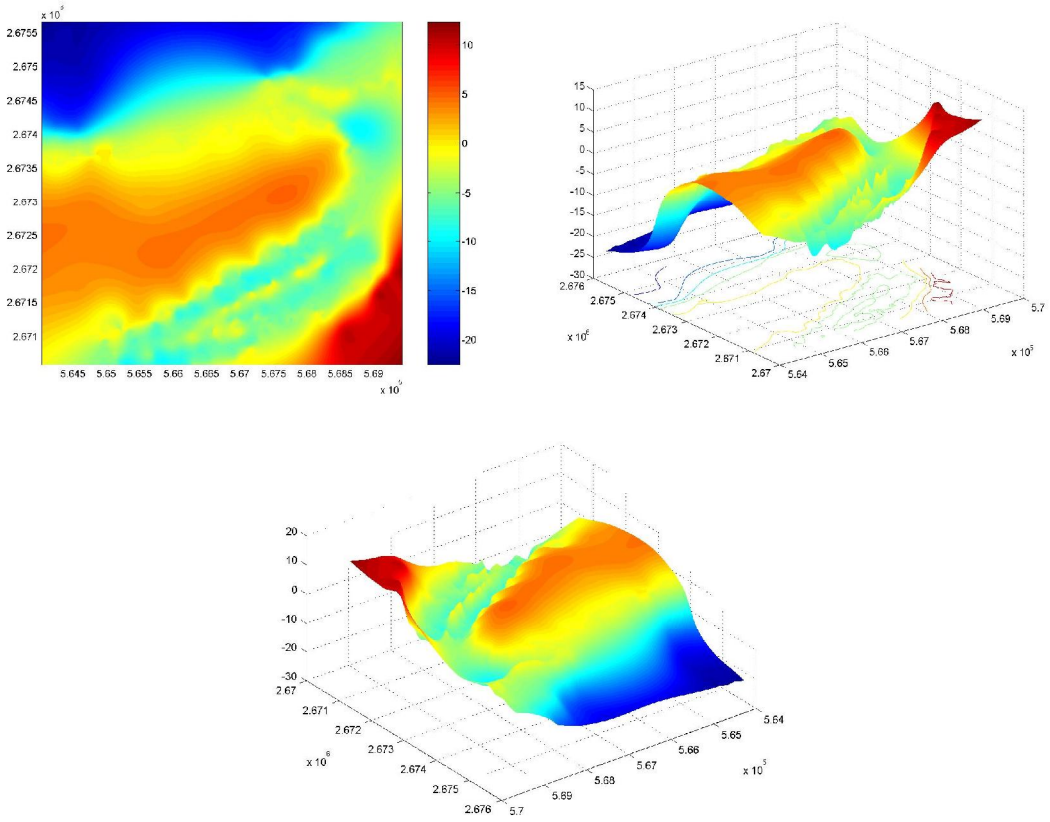


Figura 1-26. Perspectivas tridimensionales de la batimetría de la zona adyacente al predio del proyecto.

1.2.6 Determinación del transporte litoral

(Ver capítulo 3.0).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

1.2.7 Calidad del agua (vientos, mareas, salinidad, oxígeno disuelto, pH, nutrientes (amonio, nitritos y nitratos)

En este apartado se reportan y se discuten las concentraciones de nutrientes, transparencia del agua, carbono y nitrógeno particulados, carbono orgánico particulado, clorofila *a* y Material Particulado Suspendido (MPS), como indicadores de la calidad del agua de la Ensenada de La Paz.

En relación con las variables hidrológicas (temperatura y salinidad), circulación y patrón de corrientes, se pueden ver con mayor detalle en el capítulo 5.0 de este documento.

1.2.7.1 Mareas

El tipo de marea que prevalece en La Paz se puede caracterizar a través del número de forma, el cual es definido como,

$$f = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$$

que es la razón entre la suma de amplitudes de las dos componentes principales de la marea en la banda diurna ($K_1 + O_1$) y la suma de las dos componentes principales en la banda semi-diurna ($M_2 + S_2$). Se considera que la marea tiene carácter semi-diurno para un número de forma entre 0.0 y 0.25; es de tipo mixto para valores mayores de 0.25 hasta 3.0 y; es diurna si el número de forma es mayor que 3.0.

De acuerdo al número de forma, este nos indica que el tipo de marea presente en La Paz es de tipo mixto semi-diurno (f =1.0). Este tipo de marea presenta una gran desigualdad en el rango y en el tiempo entre las pleamares y bajamares de cada día. El rango (diferencia entre las pleamares y bajamares consecutivas) varía dependiendo de los ciclos quincenales y mensuales de la marea. En el Muelle Fiscal bajo condiciones extremas el rango puede ser de hasta 2.3 m, sin embargo, el promedio durante mareas vivas (cuando el rango de mareas es máximo) es de 0.83 m ($2*M_2 + 2*S_2$).

El tiempo de residencia es importante en estudios de calidad del agua y circulación en lagunas costeras y se expresa como: $T_r = (V + P)/ P$, donde T_r es el tiempo de residencia, V es el volumen del cuerpo de agua y P es el prisma de marea.

De acuerdo con Salinas (2000), el área total de la ensenada, considerando el canal de mareas hasta el extremo oriental del Mogote, es de 35 millones de m^2; el prisma de marea, con un rango promedio de 1.29 m, es de aproximadamente 45.5 millones de m^3; el volumen total de la ensenada es de 186 millones de m^3 al nivel medio del mar, mientras que en marea baja es de 163.5 millones de m^3. Aplicando la fórmula del párrafo anterior (163.5 + 45.5 millones de m^3) / 45.5 millones de m^3)) se obtiene un tiempo de residencia de 4.6 ciclos de marea.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Según Sandoval y Gómez-Valdez (1997), la tasa de recambio es de hasta 29 % por ciclo de marea, mientras que el prisma de marea promedio entre la bajamar y la siguiente pleamar es aproximadamente de $50x10^6$ m^3.

1.2.7.2 Salinidad y temperatura

En la Ensenada de La Paz las concentraciones salinas aumentan hacia el interior (generalmente en todas las estaciones del año), debido a la evaporación que experimenta este cuerpo de agua somero y a la escasez de precipitación y escurrimientos superficiales de agua dulce. Por lo anterior, la Ensenada de La Paz presenta condiciones antiestuarinas. En general, las concentraciones salinas son mayores en la parte sur de la Ensenada.

En primavera y verano la temperatura aumenta regularmente hacia el interior de la ensenada; en primavera aumentan de 20 a 23 ºC y en verano de 26 a 29 ºC. En general, se observa una zonificación, con temperaturas mayores hacia el sur, donde existen amplias zonas someras y menores al norte, donde las profundidades son ligeramente mayores. Las variaciones diurnas muestran que las temperaturas son mayores en la superficie que en el fondo, tanto en la boca como en el interior de la ensenada; presentan un comportamiento uniforme en las zonas más profundas y un rango de variación más amplio en las zonas poco profundas.

La Ensenada de La Paz es un sistema antiestuarino, que actúa como una cuenca de evaporación durante casi todo el año y tanto la temperatura como la salinidad, aumentan de la boca hacia el interior de la Ensenada.

1.2.7.3 Oxígeno disuelto

La concentración de oxígeno disuelto disminuye de la boca hacia el interior (de 5 a 4 ml/l de O_2), aunque en zonas someras se pueden encontrar valores altos (hasta 6 ml/l de O_2), debido a que en esas zonas existen mayores concentraciones de fitoplancton, que aumentan la producción de oxígeno. La variación diurna presenta mayores concentraciones por la tarde (5.6 ml/l de O_2) y menores en la madrugada o por la mañana (2.8 ml/l).

Debido a los procesos de fotosíntesis y circulación de agua en la ensenada, la distribución estacional de oxígeno presenta concentraciones altas (alejadas de las condiciones anóxicas). Sin embargo, se observa una disminución en las concentraciones a finales del verano, probablemente debido al aumento de temperatura, que propicia una menor solubilidad y a la disminución de algunos nutrientes que promueven la fotosíntesis. Las concentraciones de oxígeno disuelto varían entre 2.92 y 6.92 ml/l; las altas concentraciones de oxígeno reflejan la actividad fotosintética de la zona y la eficiente circulación del agua producida por marea y viento, que propicia el desarrollo de comunidades pelágicas y bentónicas dentro de la ensenada.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

1.2.7.4 Nutrientes

Las concentraciones de amonio durante la primavera-verano oscilan entre 0.09 y 4.04 µg-at/l. Las mayores concentraciones de amonio se presentan en la primavera y las menores en el verano. Las aguas de la Ensenada de La Paz presentan concentraciones normales de amonio, es decir, no se observan concentraciones muy elevadas que pudieran producir efectos negativos en el ecosistema, ni tampoco concentraciones tan bajas que pudieran limitar el desarrollo de especies fitoplanctónicas (Cervantes-Duarte, 1982). La distribución espacial del amonio es uniforme en toda la ensenada y las fuentes más importantes parecen ser las excreciones de peces y zooplancton y la difusión a partir de los sedimentos.

Las concentraciones de nitritos se encuentran entre 0.013 y 0.89 µg-at/l, las cuales se consideran bajas, ya que los procesos que lo producen como nitrificación, denitrificación y reducción bacterial, parecen no ser un factor importante en el reciclaje del nitrógeno, dado que el ambiente presenta buena oxigenación y penetración de luz (Cervantes-Duarte, op. cit.).

Según Aguirre-Bahena (2002), en el ciclo estacional 1997-1998, los nitritos evidenciaron un patrón en el cual la concentración aumenta gradualmente hacia el interior de la ensenada, particularmente hacia el sureste (frente al hotel Crowne Plaza), donde se encontró la mayor concentración (0.51 µg-at/l); la mínima concentración (0.008 µg-at/l) se presentó fuera de la ensenada. El balance y las distribuciones espaciales demuestran que la ensenada actúa básicamente como exportador de nitritos.

Las concentraciones de nitratos oscilan entre 0 y 5.38 µg-at/l. Al igual que las de nitritos, también se consideran bajas; las máximas se presentan en la boca y canal de mareas, lo que sugiere que el agua de la bahía es rica en nitratos y constituye una fuente importante de este nutriente para la ensenada (Cervantes-Duarte, op. cit).

La distribución espacial de nitratos no muestra un patrón definido. La concentración mínima fue de 0.02 y la máxima de 2.71 µg-at/l, el mínimo se encontró frente a Punta Comitán y el máximo frente al hotel Crowne Plaza (Aguirre-Bahena, op. cit.).

La existencia de un aporte de nitratos de la bahía hacia la Ensenada de La Paz ha sido propuesta repetidamente (Cervantes-Duarte, 1982; Cervantes-Duarte, et al., 1991). Aunque por otro lado, se menciona que la ensenada es una fuente neta de nitrógeno (Lechuga-Deveze, 1997). Este último autor reporta 1.95 mmol m^{-3} de nitratos en primavera y 0.45 mmol m^{-3} en verano. Aguirre-Bahena (op. cit.), establece que en el verano la concentración promedio de nitratos en la ensenada, oscila entre 0.38 µg-at/l y 1.09 µg-at/l.

La distribución estacional de fosfatos es muy homogénea con concentraciones que fluctúan entre 0.30 y 7.06 µg-at/l, las cuales, aunque no son muy altas, si lo están en exceso, ya que el fitoplancton necesita en promedio sólo un átomo de fósforo por cada 15 de nitrógeno, por lo tanto, el fósforo no se considera un factor limitante en este caso. Las menores concentraciones se presentan a finales del verano.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

La concentración de fosfatos se incrementa de la parte externa hacia la parte sureste del interior de la ensenada. Los contenidos de fosfato oscilaron entre 0.28 y 3.04 µg-at/l, nuevamente, el valor más alto se presentó frente al hotel Crowne Plaza. En esta zona el sustrato está compuesto por lodos y, según (Perkins, 1974), las condiciones reductoras en los sedimentos, favorecen la liberación de fosfatos en los cuerpos de agua costeros. Nowicki y Nixon (1985), mencionan a este respecto, que los procesos de remineralización se llevan a cabo principalmente en las zonas lodosas de las lagunas costeras.

La distribución de silicatos también aumenta de la parte externa hacia el interior de la ensenada. El máximo (61 µg-at/l) se presenta en la parte media del canal de mareas y el mínimo (0.0 µg-at/l) fuera de la ensenada. Aguirre-Bahena (op. cit.), encontró las máximas concentraciones de silicatos frente a las marismas localizadas en la parte sur de la ensenada y en menor grado en la región intermareal frente a El Mogote. Las altas concentraciones de silicatos se deben a la resuspensión de sedimentos que se presenta en las extensas zonas intermareales ubicadas en las partes sur y noreste de la ensenada. En la ensenada se presentan altas concentraciones de silicatos, por lo que probablemente prevalece el aporte de estos hacia la bahía. Los resultados de los balances presentados por Aguirre-Bahena (op. cit.) confirman esta hipótesis.

Todos los componentes de la Materia Particulada Suspendida (MPS) mostraron el mismo patrón de distribución que las anteriores variables: la concentración se incrementa desde la parte externa de la ensenada hacia la región sureste en el interior de la misma. Los valores límite en la concentración fueron de 12.26 y 0.50 mg l^{-1}. El máximo se presenta frente al hotel Crowne Plaza y el mínimo frente a la Marina Palmira.

La concentración promedio de clorofila *a*, se incrementa gradualmente hacia finales del verano. El máximo valor fue de 11.55 mg m^{-3} frente al hotel Crowne Plaza y el mínimo de 0.27 mg m^{-3} frente al CICIMAR. La distribución espacio-temporal muestra evidencias de ser exportada de la Ensenada de La Paz. Es notorio que la zona sureste (frente al hotel Crowne Plaza) presenta los máximos valores, no sólo de clorofila *a* sino de MPS, carbono y nitrógeno particulados; el mismo patrón de distribución también exhibe la transparencia.

El patrón de distribución de la clorofila *a* (así como los restantes componentes de la MPS), aumentando hacia el interior, se refleja en los ciclos de mareas. En mareas vivas, la mayor intrusión de aguas hacia las partes más internas de la ensenada, propicia que durante el reflujo el agua esté más concentrada. Por otro lado, las condiciones de baja energía en la zona sureste, promueven la sedimentación de la MPS.

En cuanto al carbono particulado, se encontró un máximo de 902 y un mínimo de 146 µg l^{-1}; el primer caso se presentó cerca del hotel Crowne Plaza y el segundo frente a la Marina Palmira. Las concentraciones promedio más altas, así como un mayor recorrido, se presentaron en las mareas vivas; mientras que las más bajas se presentan durante las mareas muertas e intermedias.

Los valores máximo y mínimo del nitrógeno particulado fueron de 173 y 22 µg l^{-1}. Estos valores se presentaron, al igual que el carbono particulado, frente al hotel Crowne Plaza y fuera de la laguna

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

frente a la Marina Palmira, respectivamente. Esta variable presenta las mayores concentraciones promedio en mareas vivas.

En cuanto al carbono orgánico particulado, los valores límite presentan un máximo de 1528 y un mínimo de 47 µg l^{-1}. El máximo se determinó en la parte sur de la laguna y el mínimo frente a la Marina Palmira.

El carbono y el nitrógeno particulados presentaron un patrón de distribución distintivo, las mayores concentraciones se encuentran en la parte sureste de la ensenada, zona caracterizada por su baja energía y sedimentos ricos en materia orgánica particulada. Así mismo, presenta algunas características que podrían ser responsables de esta distribución particular, ya que esta zona estuvo influenciada durante muchos años por la descarga de aguas residuales municipales, por lo que es probable que el material descargado aún esté incorporado en el sedimento. Otros aportes de materia orgánica son los ecosistemas de manglar y marismas presentes en el área. Además de estos sistemas, en esta parte de la ensenada descargan la mayor parte de los arroyos, que a pesar de que sus descargas son ocasionales, aportan materia orgánica en forma de detritus durante la temporada de lluvias.

Las mayores concentraciones de carbono y nitrógeno detectadas en el reflujo de las mareas, hacen suponer que esta laguna costera juega un papel como generador y exportador de materia orgánica. Los resultados de Carbono Orgánico Particulado (COP) obtenidos por Jiménez-Quiroz, (1997) también señalan la existencia de este proceso de exportación, el cual va de los sistemas de manglar hacia la Ensenada de La Paz y de ésta hacia la bahía.

La transparencia presenta correlaciones inversas y significativas con la Materia Particulada Suspendida (MPS). Los fosfatos, nitritos y silicatos muestran una correlación significativa con la transparencia, no así los nitratos.

La MPS tiene una distribución constante, espacial y temporalmente, independientemente de las condiciones de marea y se incrementa de la boca hacia la parte sureste de la ensenada. Debido a que la transparencia está dada por la cantidad de material particulado suspendido en la columna de agua, los procesos que determinan la distribución espacial de la MPS lo hacen simultánea e inversamente con la de la transparencia. La concentración de la MPS aumenta a medida que salen aguas del interior de la ensenada.

La MPS presenta una alta correlación con todos los componentes y nutrientes, mientras que la clorofila se correlaciona significativamente con todos los componentes de la MPS y nutrientes, a excepción de los nitratos.

La transparencia mínima registrada en la parte sureste de la ensenada, se debe al tipo de sustrato que se encuentra en esta zona, el cual al ser resuspendido por las corrientes, genera un patrón bien definido de la transparencia. En el canal de entrada se observa una mayor transparencia durante el flujo de marea y menor durante el reflujo. Debido al tipo de sustrato en el canal de mareas (arenas) la disminución en la transparencia de las aguas se debe al transporte de material suspendido desde el interior de la ensenada.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

1.2.8 Circulación y patrones de corrientes (patrón de corrientes costeras, estimación de las velocidades medias de las corrientes)

Las corrientes inducidas por la marea disminuyen hacia el interior de la laguna, registrándose en punta Comitán corrientes de 2 cm s^{-1} durante mareas muertas y de 4 cm s^{-1} en mareas vivas; sin embargo, en el canal se han registrado velocidades de hasta 65 cm s^{-1} (Sandoval y Gómez-Valdez, 1997) y aún más intensas.

El patrón de circulación más probable durante el flujo sugiere la existencia de dos bifurcaciones del flujo principal, una frente al CICIMAR hacia el sur (del orden del 7%) y otra en El Comitán hacia el suroeste (del orden del 30%). Durante el reflujo, dos retornos casi paralelos por el canal principal y el canal sur que se unen cerca del CICIMAR (aunque no mezclándose completamente) para continuar casi independientemente por los dos canales de salida hacia la bahía (Morales, 1982) (Fig. 1-27).

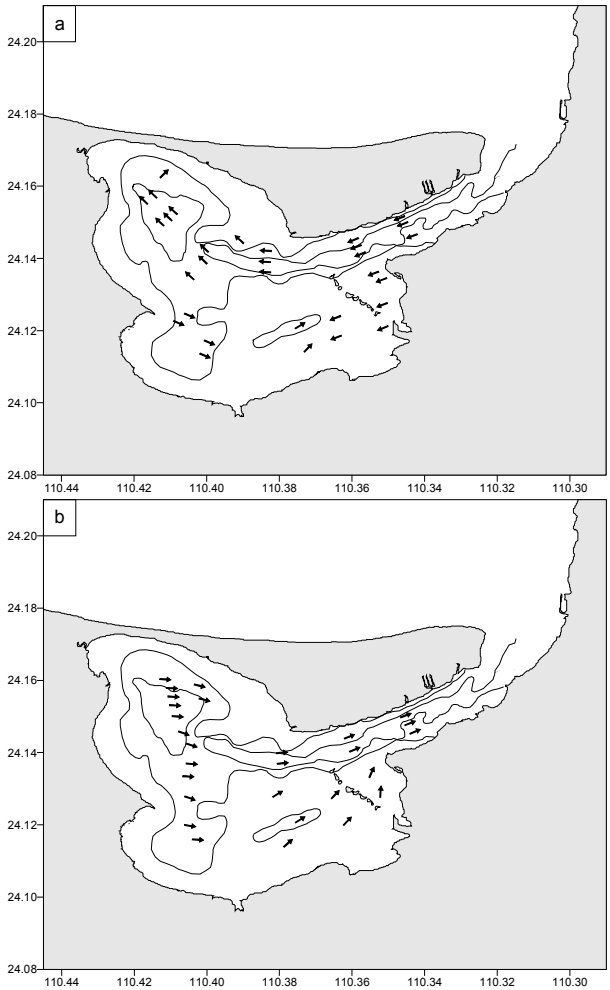


Figura 1-27. Patrón de circulación inducido por la marea en la Ensenada de La Paz: a) durante el flujo y b) durante el reflujo, (tomado de Gómez-Valdéz, *et. al*., 1984).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

1.2.9 Características del substrato

La zona litoral es en su mayor parte arenosa, con algunos lugares lodosos en la parte sureste y pequeñas zonas de substrato formado por fragmentos de conchas. No existen zonas rocosas dentro de la laguna, sin embargo, en aproximadamente el 20% de su periferia, principalmente en la parte norte, se observa un horizonte resistente (aparentemente roca de playa).

En el fondo de la Ensenada de La Paz se distinguen en general, cuatro tipos de sustrato o facies sedimentarias; el sustrato arenoso caracteriza la zona del canal de mareas, así como la parte central y norte de la ensenada. El sustrato compuesto por arena lodosa ocupa una franja amplia que se extiende en sentido este-oeste de Punta Conchuelas (CICIMAR) al Centenario; el fondo de la depresión ubicada al noroeste y la franja costera frente a Chametla está formado por un substrato lodoso. Finalmente, el fondo asociado a la depresión ubicada al suroeste se compone de un sustrato lodo-arenoso (Fig. 1-28).

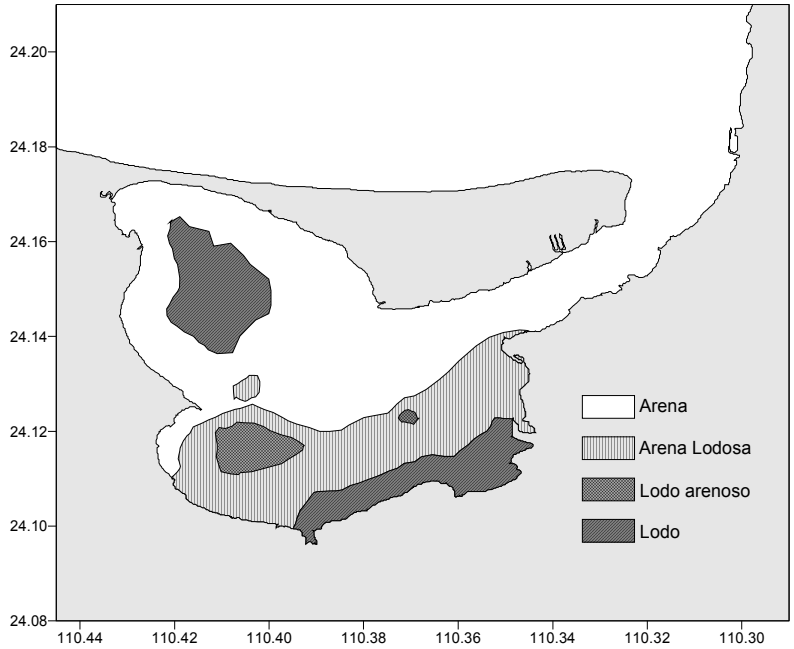


Figura 1-28. Tipos de substrato que caracterizan el fondo de la Ensenada de La Paz.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGUIRRE BAHENA, F., 2002. Dinámica de los componentes de la materia particulada suspendida y otras variables hidrológicas en la Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN, 146 p.

CERVANTES DUARTE, R., 1982. Distribución de nutrientes en la Ensenada de La Paz, B.C.S. durante el período primavera-verano de 1981. Tesis de licenciatura, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional, 119 p.

CERVANTES-DUARTE, R., S. AGUIÑIGA-GARCÍA y R. GUERRERO, 1991. Variación Estacional de Temperatura, Salinidad y Nutrientes en la Ensenada de La Paz, B. C. S. Revista de Investigación Científica. Univ. Autónoma de Baja California Sur. La Paz, México. Vol. 2 (2): 53-64 pp.

CRUZ-OROZCO, R. MARTÍNEZ-NORIEGA, C. & MENDOZA-MARAVILLAS, A. 1996. Batimetría y sedimentos de la Bahía de La Paz, B. C Sur, México. Oceánides, 11(1):21-27.

EMILSON, I., y ALATORRE M. A., 1997. Evidencias de un remolino ciclónico de mesoescala en la parte sur del Golfo de California. In: Lavín, M.F., (Ed.), Contribuciones a la oceanografía Física en México: Monografía No. 3. Unión Geofísica Mexicana, Ensenada, B.C., México, pp. 173-182.

JIMÉNEZ-ILLESCAS A. R., 1996. Análisis de procesos barotrópicos y baroclínicos en la Bahía de La Paz, B.C.S., tesis de doctorado, UNAM, 193 p.

JIMÉNEZ-QUIRÓZ, M. C., 1991. Contribución al Conocimiento de los Productores Primarios de la Ensenada de La Paz. Análisis de la Comunidad de Manglar. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinaro de Ciencias Marinas. CICIMAR-IPN, 223 pp.

LANKFORD, R.R., 1977. Coastal Lagoons of México: Their Origin and Classification *In:* Estuarine Processes Vol. II: Circulation, Sediments, and Transfer of Material in the Estuary. Martin Wiley (Editor) Ed. Academic Press. New York, E. U. A. 428 pp.

LAVANIEGOS, E.B. AND D. LÓPEZ-CORTES, 1997. Fatty Acid Composition and Community Structure of Plankton form the San Lorenzo Channel, Gulf of California. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 45: 845-854.

LECHUGA-DEVÉZE, C., 1997. Comparison of Carbon, Nitrogen and Phosphorus Fluxes in Mexican Coastal Lagoons In: LOICZ Reports & Studies No. 10. SMITH, S.V. S. IBARRA-OBANDO, P.R. BOUDREAU y V.F. CAMACHO IBAR. (Eds.). The Netherlands. 84 pp.

MONREAL-GÓMEZ, M.A., MOLINA-CRUZ, A., Y D. A. SALAS DE LEÓN, 2001. Water masses and cyclonic circulation in Bay of La Paz, Gulf of California, during june 1998, Journal of Marine Systems 30 (2001) 305-315.

MORALES G., E. R., 1982. Mareas y Corrientes en la Ensenada de La Paz, B. C. S. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. 52 pp.

NOWICKI, B. L. y S. W. NIXON, 1985. Benthic Nutrient Remineralization in a Coastal Lagoon Ecosystem. Estuaries. 8: 182-190 pp.

OBESO NIEBLAS, M., J.H. GAVIÑO RODRÍGUEZ, A. R., JIMÉNEZ-ILLESCAS & B. SHIRASAGO-GÉRMAN, 2002. Simulación numérica de la circulación por marea y viento del noroeste y sur en la Bahía de La Paz, B.C.S., Océanides, 17(1):1-12.

PERKINS, E. J., 1974. The Biology of Stuaries and Coastal Waters. Ed. Academic Press. Londres, Inglaterra. 678 pp.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

REYES-SALINAS, A., 1999. Factores que Controlan la Productividad Primaria en la Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas CICIMAR-IPN. 122 pp.

SALINAS-GONZÁLEZ, F. 2000. Mezcla turbulenta y transporte de masa en la Bahía y Ensenada de La Paz, B. C. S.: Experimentación y modelación numérica. Tesis de Doctorado, CICIMAR-IPN, 260 p.

SANDOVAL M., J. F. y J. GÓMEZ-VALDÉZ, 1997. Tides and Tidal Currents in Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. Geofísica Internacional. 36 (1) 37-47 pp.

SHEPARD, F. P., 1976. Coastal Classification and Changing Coastalines. Geoscience and Man, Volume XIV, p. 53-64.

SIGNORET M. y H. SANTOYO, 1980. Aspectos Ecológicos del Plancton de la Bahía de La Paz, Baja California Sur. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 7 (2): 217-248 pp.

TORRES-OROZCO, E. 1993. Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, 80 p.

VILLASEÑOR-CASALES, A., 1976. Distribución vertical de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, durante la primavera de 1976, CalCOFI Rep., Vol. XX, 1979, p.146-149

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ABANICO ALUVIAL: Estructura geológica formada por la depositación de sedimentos en forma de abanico, procedentes de la erosión de rocas preexistentes, a través de los procesos de arrastre de sedimentos ocasionados por la presencia de escurrimientos de agua o avenidas. Comúnmente son de baja pendiente.

ACANTILADO: Un escarpe alto y empinado de roca, un precipicio.

ANÓXICO: Falto de oxígeno libre.

ANTICICLÓNICO: Sentido de rotación del movimiento a gran escala alrededor de una elevación en el océano (en sentido de las manecillas del reloj).

BARRA: Una acumulación de arena en la zona exterior de la playa, generalmente formando un cordón alargado paralelo a la costa.

BASAMENTO: Es el material geológico que se encuentra en la parte más profunda dentro de una zona de estudio, sirviendo como base a los materiales que le sobreyacen.

BERMA: Parte casi horizontal de la playa o postplaya formada por la depositación de sedimento por el oleaje. Algunas playas pueden tener más de una.

CALCÁREO: Que contiene carbonato de calcio.

CALETA: Una bahía pequeña.

CANTO RODADO: Un fragmento de roca entre 64 y 256 mm de tamaño. Mayor que un guijarro y menor que un bloque, redondeados en el curso del transporte acuoso, eólico o glacial.

CAPA DE MEZCLA: La capa superficial del océano mezclada por movimientos de oleaje y mareas que generan condiciones relativamente isotérmicas e isohalinas.

CARA DE LA PLAYA: La sección inclinada, casi plana del perfil de playa por debajo de la berma, normalmente expuesta al vaivén (swash) del oleaje

CONGLOMERADO: Roca sedimentaria clástica de grano grueso, compuesta por fragmentos de roca mayores a 2 mm, redondeados a subredondeados con una matriz de grano fino y comúnmente cementados por carbonato de calcio.

COSTA: Franja de tierra de ancho indefinido que se extiende tierra adentro desde la orilla del mar hasta donde se encuentra el primer gran cambio en la topografía.

DUNAS: montículos o cordones de arena transportada por el viento.

EL NIÑO: Corriente de agua cálida que se forma ocasionalmente cerca de la navidad frente a las costas de Ecuador, Perú y Chile. Puede causar la muerte de peces y plancton a gran escala.

EMBAHIAMIENTOS: Indentación o entrante de la línea de costa que forma una bahía.

ESCARPE: Talud lineal y pronunciado sobre el fondo marino que separa superficies con inclinación suave u horizontal.

ESTRATIFICACIÓN: En los océanos, el arreglo de las diferentes masas de agua en secuencia vertical, con la densidad incrementándose con la profundidad.

FALLA GEOLÓGICA: Es una estructura geológica que se presenta entre capas, bloques o placas tectónicas con un movimiento relativo. Se diferencian de las fracturas o diaclasas las cuales no presentan desplazamiento.

FITOPLANCTON: Vegetales, generalmente microscópicos, que se encuentran flotando en el seno de las aguas dulces o marinas. Forma parte del plancton.

FRENTE DE PLAYA: Con frecuencia sinónimo de la cara de la playa pero más inclusivo (incluye algo de la parte plana del perfil por debajo de la cara de la playa

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

GRADIENTE: Cambio en el valor de una cantidad por unidad de distancia y en una dirección determinada.

HALOCLINA: Zona usualmente a los 50 a 100 m de profundidad y que se extiende tal vez hasta los 1000 m, donde la salinidad cambia rápidamente. El cambio de salinidad es mayor en la haloclina que en las aguas por arriba o por debajo de ésta.

ISLA DE BARRERA: Isla o península alargada paralela a la costa pero separada de ésta por una laguna o marisma.

LIMO: partículas de 0.002 a 0.02 mm de diámetro. Son mayores que las arcillas y menores que las arenas.

LÍNEA DE COSTA: Límite entre la tierra firme y las aguas de cuencas de mares y lagos. Convencionalmente se traza por el nivel medio de la marea.

MANGLAR: Ambiente parecido a una marisma, dominado por árboles de mangle. Están restringidos a latitudes menores a 30º.

MARISMA: Un área de suelo suave y húmedo. Terreno plano periódicamente inundado por la marea, común en algunas partes de las lagunas costeras.

MASA DE AGUA: Un cuerpo de agua identificable por su temperatura y salinidad o por algún otro marcador distintivo.

MESOTRÓFICO: Áreas con niveles medios de producción biológica.

NANOFITOPLANCTON: Fitoplancton menor a 50 micras de longitud que no puede ser capturado en una red de plancton y debe ser removido del agua por centrifugación o filtración.

NUTRICLINA: Zona donde la concentración de nutrientes cambia más rápidamente que las aguas por arriba o por debajo de ésta.

NUTRIENTES: Compuestos o iones que necesitan las plantas para la producción de materia orgánica.

OLIGOTRÓFICO: Áreas con bajos niveles de producción biológica.

PICNOCLINA: Zona en la cual la densidad del agua cambia rápidamente, el incremento es mayor que en las aguas por arriba o por debajo de la picnoclina. El cambio de densidad se debe a cambios en la temperatura y la salinidad.

PLANICIE DE MAREA: Parte de las planicies costeras que es inundada periódicamente por las mareas. Son áreas importantes para el desove de algunas especies de peces.

PLATAFORMA CONTINENTAL: Es el fondo marino poco profundo que bordea los continentes. Se extiende desde la base de la playa hasta el quiebre de la plataforma donde inicia el inclinado talud continental.

PLATAFORMA DE ABRASIÓN O TERRAZA DE ABRASIÓN: Superficie rocosa intermareal, de ligera inclinación hacia el mar y producida por la erosión del oleaje continuo.

PLAYA: Franja de la costa, débilmente inclinada hacia el mar, compuesta por arenas, grava, guijarros, cantos, depositados por las corrientes del oleaje.

POSTPLAYA: Zona del perfil que se extiende hacia tierra desde el vértice de la berma hasta un punto donde se desarrolla la vegetación o se encuentra un cambio notable en la geomorfología (acantilado, campo de dunas, etc.)

PRISMA DE MAREA: La diferencia en volumen entre la marca de marea alta y la marca de la marea baja.

PRODUCCIÓN PRIMARIA: Tasa de fijación del carbono en materia orgánica por organismos autótrofos utilizando energía ya sea energía solar o reacciones químicas. Se expresa para un volumen dado en un periodo de tiempo.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

SALINIDAD: Los diferentes grados de contenido de sales disueltas en el agua. Un contenido muy alto de sales en el agua la inhabilita para el consumo humano, usos industriales y agropecuarios.

SEDIMENTO BIOGÉNICO: Sedimento que contiene material producido por plantas o animales, tales como arrecifes de coral, fragmentos de conchas, testas de diatomeas, radiolarios, foraminíferos y cocolitofóridos.

SEDIMENTO: Material originado por la destrucción de las rocas preexistentes, susceptible de ser transportado y depositado.

SIGMA-T: Notación abreviada para la densidad del agua de mar: una densidad de 1.022 g/cm^{-3} se expresa como 22 unidades sigma-t.

TECTÓNICA DE PLACAS: Teoría dinámica a escala global que involucra el movimiento de las placas rígidas de la corteza terrestre.

TERMOCLINA: Zona donde la temperatura del agua cambia mas rápidamente que las aguas por arriba o por debajo de ésta. Esta zona usualmente inicia de los 10 a los s00 m por debajo de la superficie y se puede extender hasta los 1500 m de profundidad.

TERRAZA MARINA: Plataformas cortadas por oleaje que han quedado expuestas por arriba del nivel del mar por un descenso e de éste.

TIEMPO DE RESIDENCIA: En el océano, el intervalo de tiempo en el que un ion es introducido al agua por primera vez y su remoción del fluido debido a su incorporación permanente en los sedimentos.

UPS: Unidades prácticas de salinidad.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

ANEXO FOTOGRÁFICO



Foto 1. Cordón de dunas, playa y roca de playa.



Foto 2. Ecosistemas de manglar y planicie de marea.



Foto 3. Escarpe de erosión, playa y planicie de marea.



Foto 4. Erosión y retroceso de la línea de costa.

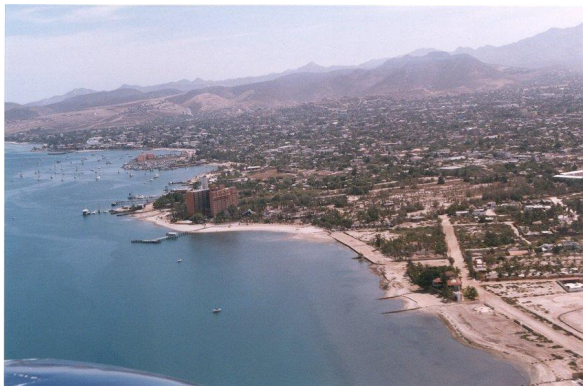


Foto 5. Costa modificada por desarrollo urbano.

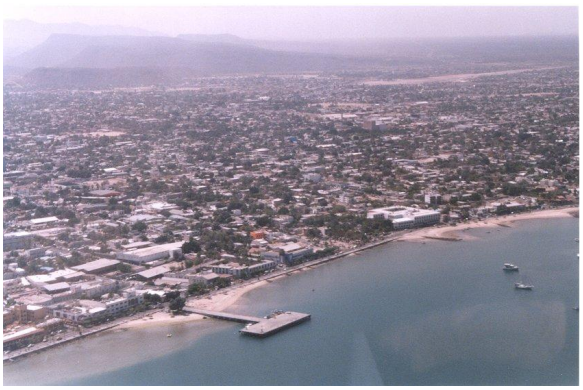


Foto 6. Costa modificada por desarrollo urbano.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!



Foto 7. Ecosistemas de manglar, esteros y planicies de marea (lado protegido de El Mogote).



Foto 8. Sistema playa-duna frente a El Mogote (costa expuesta a la Bahía de La Paz).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

CAPÍTULO 2
FLORA Y FAUNA MARINA
TABLA DE CONTENIDO

2.1 INTRODUCCIÓN 2-1
2.1.1 LOCALIZACIÓN 2-1
2.1.2 MARCO BIOLÓGICO DEL AMBIENTE MARINO EN LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S. 2-2
2.2 METODOLOGÍA 2-5
2.3 RESULTADOS 2-7
2.3.1 FITOPLANCTON 2-7
2.3.1.1 RIQUEZA ESPECÍFICA, DOMINANCIA Y DIVERSIDAD 2-7
2.3.1.2 ESPECIES RELEVANTES Y MAREAS ROJAS 2-8
2.3.2 ZOOPLANCTON 2-10
2.3.2.1 RIQUEZA ESPECÍFICA, DOMINANCIA Y DIVERSIDAD 2-10
2.3.2.2 ESPECIES RELEVANTES 2-12
2.3.3 FICOFLORA (MACROALGAS) 2-12
2.3.3.1 RIQUEZA ESPECÍFICA, DOMINANCIA Y DIVERSIDAD 2-13
2.3.3.2 ESPECIES RELEVANTES 2-15
2.3.4 INVERTEBRADOS MARINOS 2-16
2.3.4.1PORÍFEROS 2-16
2.3.4.1.1 RIQUEZA ESPECÍFICA 2-16
2.3.4.1.2 ESPECIES RELEVANTES 2-17
2.3.4.2 CNIDARIOS Y CTENÓFOROS 2-17
2.3.4.2.1 RIQUEZA ESPECÍFICA 2-18
2.3.4.2.2 ESPECIES RELEVANTES 2-18
2.3.4.3 ANÉLIDOS 2-19
2.3.4.3.1 RIQUEZA ESPECÍFICA 2-19
2.3.4.3.2 ESPECIES RELEVANTES 2-20
2.3.4.4 EQUINODERMOS 2-20
2.3.4.4.1 RIQUEZA ESPECÍFICA 2-20
2.3.4.4.2 ESPECIES RELEVANTES 2-21
2.3.4.5 CRUSTÁCEOS 2-21
2.3.4.5.1 RIQUEZA ESPECÍFICA 2-21
2.3.4.5.2 ESPEIES RELEVANTES 2-22
2.3.4.6 MOLUSCOS 2-23
2.3.4.6.1 DOMINANCIA, DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN 2-23
2.3.4.6.2 ESPECIES RELEVANTES 2-27
2.3.5 PECES 2-31
2.3.5.1 DOMINANCIA, DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN 2-31
2.3.5.2 ESPECIES RELEVANTES 2-37
2.3.6 MAMÍFEROS MARINOS 2-40
2.3.6.1 DOMINANCIA, DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN 2-40
2.3.6.2 ESPECIES RELEVANTES 2-41
2.3.6.3 VARAMIENTOS 2-50
2.4 ANÁLISIS GENERAL 2-52
2.5 CONCLUSIONES 2-56
2.6 GLOSARIO DE TÉRMINOS 2-58
2.7 BIBLIOGRAFÍA 2-59
2.8 ANEXO 2-64

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Figuras

Figura 2-1. Localización de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México 2-1
Figura 2-2. Localización de los sitios de muestreo de fauna bentónica en el Mogote 2-5
Figura 2-3. Localización de costa rocosa en la Bahía de La Paz, en donde se encuentran los arrecifes coralinos, y la fauna asociada como equinodermos y peces de arrecife 2-23
Figura 2-4. Indice de diversidad de Shannon-Wiener en los lugares de muestreo en El Mogote 2-25
Figura 2-5. Distribución de las familias dominantes de moluscos encontradas en El Mogote 2-26
Figura 2-6. La almeja pismo y la madreperla, dos especies citadas en la NOM-059-ECOL-2001 en categoría de protección 2-28
Figura 2-7. Especies representativas de algunos invertebrados, moluscos incluidos en la NOM-059-ECOL-2001, cortesía de Brusca 1980 2-29
Figura 2-8. a. *Argonauta nouryi*, especie cosmopolita cuya concha nidamental puede observarse en las playas de El Mogote anualmente, b. *Isostichopus fuscus* o pepino de mar común 2-30
Figura 2-9. Localización de las estaciones de muestreo V, VI, VII, VIII y IX, en la Ensenada de La Paz para la captura de peces, con chinchorro playero (modificado de Balart et al., 1997) 2-32
Figura 2-10. Abundancia (número de individuos) de peces por familia, capturados con chinchorro playero de 10 m longitud y 2 m de ancho, con malla de 10mm, en la Ensenada de La Paz y la zona del Canal entre marzo de 1982 y enero de 1983 (modificado de Balart et al., 1997), a la derecha de la gráfica esquemas representativos de las diez familias más abundantes de peces 2-35
Figura 2-11. Distribución del tiburón ballena *Rhincodon typus* en el sur de la Bahía de La Paz 2-36
Figura 2-12. Distribución de las especies de peces presentes en la Bahía de La Paz citadas en la NOM-059-ECOL-2001 (excepto el tiburón ballena) 2-37
Figura 2-13. Especies de peces citadas en la NOM-059-ECOL-2001 que se encuentran presentes en la Bahía de La Paz 2-39
Figura 2-14. Distribución espacio-temporal de algunos cetáceos en la Bahía de La Paz. a) distribución de las ballenas azul, jorobada, gris y rorcual común en la bahía, lugar de avistamientos únicos de delfín manchado, rorcual de Sei y de mesoplodonte b) lugar de avistamientos de orca, ubicación de la lobera en Los Islotes y distribución de delfín común y de cachalote en la Bahía de La Paz 2-43
Figura 2-15. Misticetos y odontocetos observados en la Bahía de La Paz 2-44
Figura 2-16. Rorcual de Sei, Ballena azul y delfín común de costa, especies de cetáceos presentes en la Bahía de La Paz 2-45
Figura 2-17. Algunas especies de mamíferos marinos en la Bahía de La Paz 2-46
Figura 2-18. Distribución del tursión *Tursiops truncatus* en la Bahía y Ensenada de La Paz (Marcín-Medina 1997) 2-48
Figura 2-19. Cachalote (*Physeter macrocephalus*) varado en la playa norte de El Mogote en mayo del 2003 a) el dia en que se varó b) una semana después de varado 2-51

Tablas

Tabla 2-1. Mamíferos marinos observados en la Bahía de La Paz, y categoría citada en la NOM-059-ECOL-2001 2-54
Tabla 2-2. Lista de especies marinas citadas en la NOM-059-ECOL-2001 y que se encuentran en el área de influencia del proyecto Punta La Paz (excepto mamíferos marinos) 2-55

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se hace una breve descripción del ambiente biológico marino que prevalece en la Bahía de La Paz y en la barrera arenosa El Mogote. Se explica la metodología seguida para la caracterización y descripción del elenco taxonómico más relevante y se describen las características generales de la flora (fitoplancton y macroalgas) y fauna (zooplancton, poríferos, cnidarios, anélidos, equinodermos, crustáceos, moluscos, peces y mamíferos marinos) localizada en los alrededores de la barrera arenosa El Mogote. Así mismo, se indican la distribución, abundancia y diversidad específica de las especies, se señalan las relevantes y aquellas que se encuentren citadas en la NOM-059-ECOL-2001, o especies indicadoras de la calidad del ambiente. Finalmente se hace un análisis general y se presentan las conclusiones.

2.1.1 Localización

La Bahía de La Paz se localiza en la costa sud-oriental del estado de Baja California Sur, entre los 24°06' y 24°47' latitud norte y 110° 16'- 110° 45' longitud oeste, la zona marina tiene una longitud de 80 km y mide 30 km de ancho, con un área de 1934 km² aproximadamente. En la parte sureste de la bahía se localiza la laguna costera denominada Ensenada de La Paz; en la costa sur del canal que conduce a dicha laguna se encuentra la ciudad de La Paz, capital de Baja California Sur. La Bahía de La Paz presenta dos zonas que la comunican con el Golfo de California, una al noreste (Boca Grande) y otra al este (Canal de San Lorenzo). El límite sureste de la Boca Grande de la bahía se encuentra en Los Islotes, lugar conocido como La Lobera; el límite al noroeste es Punta Mechudo, donde hidrodinámicamente se marca la diferencia con el Canal de San José. El Canal de San Lorenzo se encuentra entre la punta sur de la Isla Espíritu Santo (Punta Lupona) y Punta Las Pilitas (Fig. 2-1).

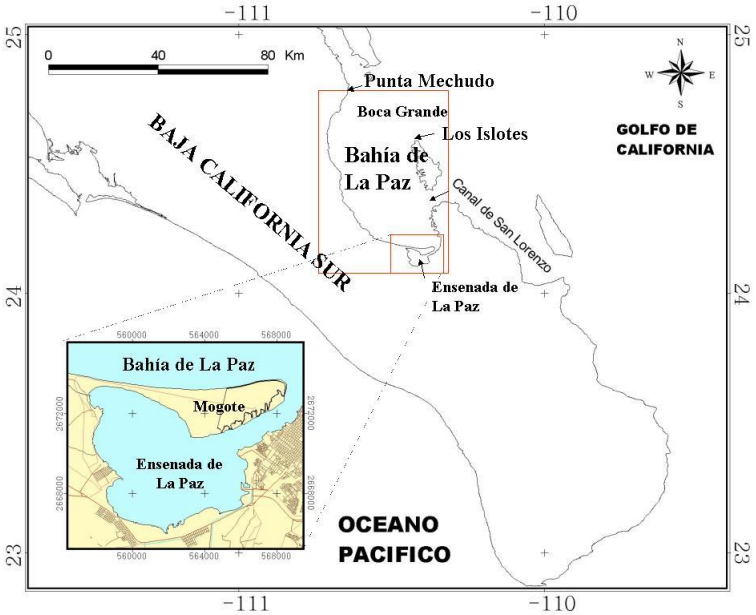


Figura 2-1. Localización de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

2.1.2 Marco biológico del ambiente marino en la Bahía de La Paz, B.C.S.

Las Provincias Biológicas, tal como fueron definidas por Schenk y Keen (1936), son regiones pobladas por un grupo único de especies, un grupo distintivo cuya asociación sólo se ve en esa determinada región. Existen zonas de transición entre las diferentes provincias y entre los grupos de especies usados para definirla. Para resolver las ambigüedades de las Provincias Biológicas, Briggs (1974) estableció una regla simple: si el 10% o mas del total de una especie es endémica en un área dada, ésta puede designarse como una provincia separada, aunque otros autores prefieren poner el nivel de endemismo mas alto, hasta de un 40 a 50%, antes de reconocer una provincia nueva. Brusca (1980) considera que el 21% de las 935 especies de las que hace mención, son endémicas del Golfo de California, con 41% de especies de origen tropical, 18% de origen templado, 8% cosmopolitas y 7% de origen incierto, por esto desde el punto de vista biogeográfico, la fauna marina de la Bahía de La Paz y de la Ensenada de La Paz se considera dentro de la Provincia Californiana o de Cortés (Briggs 1974, Brusca 1980), aunque existen diversas clasificaciones y otros autores la han ubicado dentro de la Provincia Biótica Panámica (Steinbeck y Rickets 1941, Abbott 1958, McLean 1969, Keen 1971, Brusca 1973).

En la Bahía de La Paz los principales componentes del zooplancton durante un ciclo anual son los copépodos, quetognatos y eufásidos principalmente, aunque en algunos meses y algunas áreas específicas del interior de la bahía, sobresalen por su abundancia los decápodos, anfípodos, cladóceros, sifonóforos, medusas, ctenóforos y larvas de peces (González y Saldierna 1997). Se ha determinado que en la Bahía de La Paz predominan elementos tropicales en las algas verdes y cafés. Se encuentran 43 especies de algas de interés comercial de las que es escasa la información. Es posible que las mezclas biogeográficas presentes sean consecuencia de una mezcla entre la historia evolutiva del Golfo de California y las variaciones estacionales (Riosmena-Rodríguez y Paul-Chávez 1997).

Los moluscos son muy abundantes en la Bahía de La Paz, se han encontrado 120 especies de bivalvos, 173 de gasterópodos, ocho de cefalópodos, tres de poliplacóforos y dos de escafópodos. Un total de 306 especies conocidas para esta área, además de que están presentes en toda la gama de hábitat en la bahía, especialmente fondos duros, arenosos y fangosos. Debido a la topografía de pendiente suave y a que es un área que se encuentra protegida dentro del Golfo de California, la Bahía de La Paz tiene una riqueza biótica en la zona intermareal del litoral rocoso tan alta como en otras zonas del Pacífico Mexicano. En playas de tipo coralígeno (con guijarros y arenas), arenosas, areno-fangosas y fangosas de las zonas intermareal e infralitoral, destaca la abundancia de especies de la infauna como *Cardita, Chione, Semele, Tagelus,* y *Protothaca*. Hay que enfatizar que en otros tiempos fueron muy abundantes especies como *Pinna* (callo de hacha)*, Megapitaria squalida y M. aurantiaca* (almeja chocolata) *y Pinctada mazatlanica* (Madreperla). Especies relevantes en la Bahía de La Paz son los bivalvos madreperla (*Pinctada mazatlanica*), almeja catarina (*Argopecten circularis*), callo de hacha (*Pinna rugosa* y *Atrina maura*), concha nácar (*Pteria sterna*), viejita (*Spondylus calcifer*), concha espinosa (*Spondilus princeps*), almeja blanca (*Dosinia ponderosa*), almejas chocolatas (*Megapitaria aurantiaca* y *Megapitaria squalida*), ostión (*Hyotissa fisheri* y *Saccostrea palmula*), almejas roñosas (*Chione californiensis y Chione undatella*) y almeja indio (*Glycymeris gigantea*). Entre los gasterópodos se encuentran: caracol burro (*Strombus galeatus*),

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

caracol de uña (*Strombus gracilior*), caracoles chinos (*Hexaplex erothrostomus* y *Muricanthus princeps*), así como el caracol barquito (*Oliva porphyria*).

La sobreexplotación de estas especies y su virtual desaparición de las áreas cercanas a la ciudad de La Paz, obedece a su aprovechamiento principalmente como alimento (excepto la madreperla, concha nácar y el caracol barquito explotados por las perlas, el nácar y la concha, respectivamente), de mucha demanda en el mercado regional, nacional y aún en el internacional (Holguin-Quiñones y García-Domínguez 1997).

Se ha observado que los macrocrustáceos presentes en la bahía pertenecen principalmente a dos grupos: los estomatópodos, representados sólo por *Squilla biformis* y los decápodos representados por 12 especies relevantes: el camarón carideo *Heterocarpus vicarius*, el cangrejo ermitaño *Petrochirus californiensis*, los cangrejos braquiuros *Paradasygyius depressus, Hepatus lineatus, Platymera gaudichaudii, Stenorynchus debilis, Maiopsis panamensis, Stenocionops ovata, Cancer johngarthi,* las jaibas *Callinectes arcuatus, Callinectes bellicosus* y la langosta azul *Panulirus inflatus*. A pesar de que la captura del camarón carideo *Heterocarpus vicarius* es incidental, es posible considerar a la especie como recurso potencialmente explotable (Ortiz et al., 1997).

En los fondos blandos y someros de la bahía y la ensenada se encuentran al menos 135 especies de peces en 98 géneros, pertenecientes a 52 familias. Las familias más representativas (con mayor riqueza específica) son Haemulidae (10 especies), Carangidae (10), Scianidae (8), Engraulididae (8), Serranidae (7), Gerreidae (7), Paralichthydae (6), Lutjanidae (6), y Ariidae (5). Esta ictiofauna se caracteriza zoogeográficamente como subtropical, con lo que se confirma que esta área es de transición entre la Provincia Mexicana y la Provincia de Cortés (Castro-Aguirre y Balart 1997), debido a la presencia de elementos de afinidad templada o norteña como: *Mustelus californicus, Anchoa mundeoloides, Sardinops sagax caerulea, Heterodontus francisci, Scorpaena sonorae* y *Paralichthys californicus.* Las especies que caracterizan esta área por su frecuencia de aparición y abundancia son: *Anchovia macrolepidota, Gerres cinereus, Cetengraulis mysticetus, Diapterus aureolus, D. brevirostris, Eucinostomus dowii, E.californiensis, Lile stolifera, Mugil cephalus, Mugil curema* y *Polydactilua approximans* (Castro-Aguirre y Balart 1997).

Hay 14 especies de tiburones capturados comercialmente en la Bahía de La Paz (Villavicencio et al. 1997): *Alopias sp., Carcharhinus falciformis, Squatina californica, Galeocerdo cuvieri, Isurus oxyrinchus, Mustelus lunulatus, C. limbatus, C. obscurus, Nasolamia velox, Prionace glauca, Rhizoprionodon longurio, Sphyrna lewini, S. zygaena*, y *S.mokarran*, en su mayoría son animales pequeños, de 150 cm o menos de longitud total. La Bahía de La Paz es lugar de expulsión de embriones para dos especies vivíparas placentarias de tiburones: el bironche (*Rhizoprionodon longurio*) y el tiburón cristalino o cazón (*Mustelus lunulatus*); también es lugar para el nacimiento de juveniles de tiburón de una especie vivípara lecitotrófica, el angelito *Squatina californica*; y para la oviposición del tiburón perro (*Heterodontus mexicanus*). Además es un sitio de crianza importante para juveniles de cornuda y sardinero (*Sphyrna lewini* y *Carcharinus limbatus*). Los principales productos comerciales de los tiburones son las aletas y la carne fresca seca o salada, y son prácticamente desaprovechados el hígado, mandíbulas, piel y cartílago. Por último se señala que el tiburón ballena *Rhiniodon typus* puede ser y de hecho es aprovechado como atracción turística, debido a su gran tamaño y su carácter tranquilo y apacible.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Dos órdenes de mamíferos marinos (Cetácea y Carnívora) están representados en el Golfo de California y en la Bahía de La Paz. Se considera que la bahía es atractiva para estos organismos debido a la abundante disponibilidad de alimento, lo que ha permitido la residencia de especies que en otras áreas son migratorias, como es el caso del rorcual común, el rorcual tropical y algunos individuos de ballenas jorobadas y grises, cuya permanencia dentro de la bahía se extiende durante todo el año. Existen registros de cuatro especies de carnívoros marinos, el lobo marino común de California *Zalophus californianus*, con una población permanente que reside en la Bahía de La Paz, el lobo fino de Guadalupe (aunque se le ha observado muy esporádicamente), la foca común y la foca elefante. Dentro del grupo de los cetáceos se han observado siete de las once especies reconocidas de ballenas con barbas o misticetos, y 20 de las 68 especies reconocidas de cetáceos dentados (odontocetos). Entre estas especies se encuentran algunas típicas de aguas templado-frías (delfín de costados blancos), otras características de aguas tropicales (delfín de dientes rugosos), algunas que visitan la bahía como destino migratorio invernal (ballena jorobada y ballena azul) y otras que se observan todo el año (tursiones, rorcual común). Esta bahía presenta una de las más altas riquezas específicas de mamíferos marinos en el mundo, lo que combinado con el fácil acceso y buen clima la convierte en un lugar de gran interés científico y turístico (Urbán Ramírez *et al.* 1997).

La barrera arenosa El Mogote, con 16 km^2 de superficie y un perímetro de alrededor de 29 km (con límite en la zona más delgada al oeste) se caracteriza por presentar al norte y este una costa principalmente arenosa, mientras que al sur predomina la costa de limo y arena-limo, lo que permite la presencia de zonas de manglar. Estas características limitan la distribución de la fauna circundante de un modo determinante, sobre todo la fauna bentónica como son los moluscos bivalvos y gasterópodos (almejas y caracoles) y los equinodermos. La fauna bentónica encontrada en las costas de El Mogote está dominada por los bivalvos y gasterópodos. Estos organismos se encuentran en la infauna, es decir, son organismos que permanecen la mayor parte del tiempo enterrados en el sustrato y raramente adheridos a estructuras que sobresalen de él como los troncos de los mangles y las rocas. Son relativamente abundantes los equinodermos como galletas de mar (*Encope, Millipora*), cnidarios como plumas de mar (*Ptilosarcus*), y restos de algas verdes (*Ulva*) y cafés (*Sargassum*) que han sido llevadas y depositadas en la playa por las corrientes. En la costa sur de El Mogote, se encuentra una comunidad dominada por manglares (mangles negro, rojo y blanco, *Avicennia germinans*, *Rizhophora mangle* y *Laguncularia racemosa*), que aportan gran cantidad de materia orgánica y sirven como áreas de reproducción, alimentación, crecimiento y protección contra depredadores para un numeroso grupo de especies de poliquetos, moluscos, insectos, crustáceos y peces entre otros. Las raíces de los mangles sirven como sustrato para numerosos ostiones (*Crassostrea palmula*), y como protección para jaibas (*Callinectes arcuatus y C. bellicosus*) y numerosas especies de almejas y caracoles, además de que permite la existencia de pequeñas poblaciones del pasto marino *Rupia maritima*. En general El Mogote es un área que presenta un nivel bajo de disturbio, y en el que aun se conserva una riqueza de flora y fauna marina representativa de la Bahía de La Paz y el Golfo de California.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

2.2 METODOLOGÍA

La metodología usada para el estudio del elenco taxonómico en El Mogote varió de acuerdo con la naturaleza del grupo elegido. Para la determinación de la fauna bentónica se realizaron 21 transectos de 200 m de longitud por 1 m de ancho en sitios previamente seleccionados en un mapa, con 4 muestras o estaciones por transecto, separadas 50 m entre sí, alejándose de la costa. Se colocó en la arena un marco de aluminio de 1 m^2 de área y con una pala se tomó una muestra de sedimento hasta 30 cm de profundidad (cuando las condiciones lo permitieron, se llegó a una profundidad de 60 cm), se tamizó el sedimento con una malla de 0.1 cm^2 y se registraron todos y cada uno de los individuos encontrados (Fig. 2-2). Todos los moluscos encontrados fueron determinados a especie (excepto una especie de *Polinices*, cuya mención de distribución aún está dudosa). Para la descripción de los grupos Porifera, Annelida, Echinodermata y Crustácea, además de las observaciones de campo, la información se complementó con la revisión de la literatura especializada en cada área.

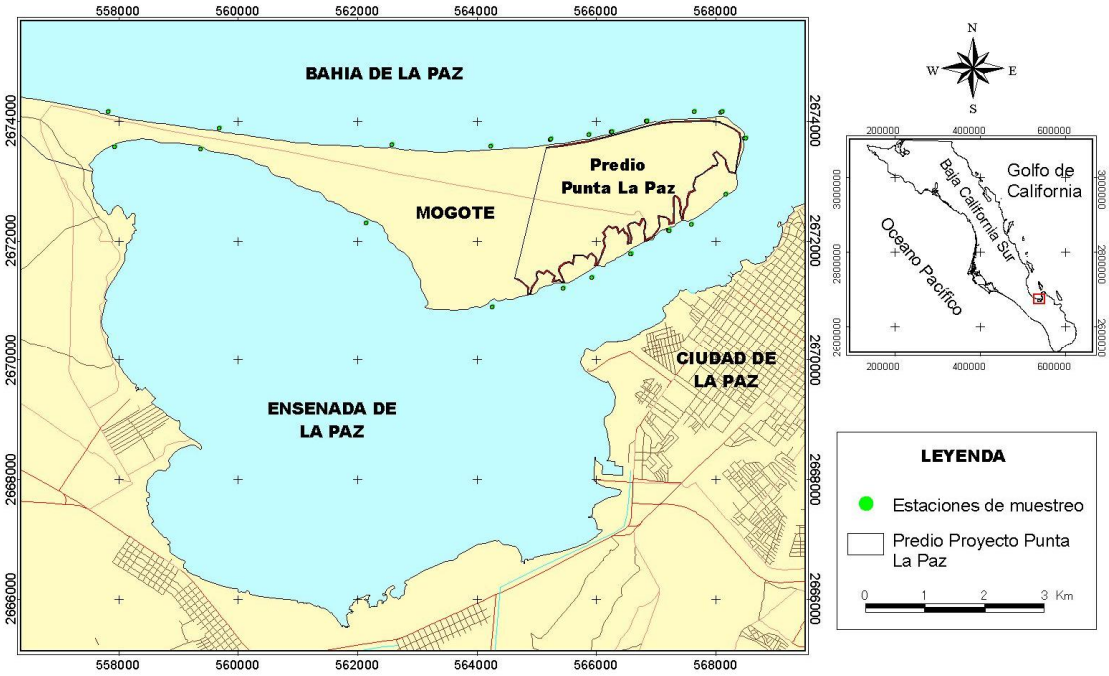


Figura 2-2. Localización de los sitios de muestreo de fauna bentónica en el Mogote.

Para la descripción de la ictiofauna, se hizo una revisión exhaustiva de la literatura científica relativa a la zona de estudio, las principales referencias en las que está basado este trabajo son: Oropeza 1999, Aceves-Medina 1992, Arreola-Robles 1998, Galván-Piña 1998, García-Gómez 2000, González-Acosta 1998, Malpica-Maury 2000, Urbán-Ramírez y Ramírez-Rodríguez 1997, Castro-Aguirre y Balart 1997, Sánchez-Ortiz et al. 1997, García-Rodríguez y Aurioles-Gamboa 1997, Balart et al. 1997. Se complementó con observaciones en campo y con la información a partir de colectas desarrolladas por el CICIMAR (estacionales y/o mensuales) e inventarios faunísticos de la zona. Debido a la naturaleza de las especies y a su forma de vida, los muestreos fueron hechos con diversos artes de pesca, se empleó red charalera, red agallera, pesca mediante línea y anzuelo, y

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

red de arrastre. Todos los ejemplares mencionados pertenecen a la colección ictiológica del CICIMAR. Las muestras fueron tomadas estacionalmente o mensualmente y en todos los casos comprenden muestreos de un ciclo anual.

Para la descripción de la ficoflora, se revisó la literatura especializada de la zona: Cruz-Ayala 1996, Holguín-Quiñónez 1971, Huerta-Muzquiz y Mendoza-González 1985, Paul-Chávez 1996, Riosmena-Rodríguez y Siqueiros-Beltrones 1991, 1995a, 1995b, 1996. Los muestreos se realizaron mediante buceo autónomo, desde la zona supramareal hasta la submareal (1 a –30 m). En todos los casos los muestreos se efectuaron estacionalmente y/o mensualmente. La información se completó con observaciones en campo y la información de colectas desarrolladas por el CICIMAR (estacionales y/o mensuales) e inventarios faunísticos de la zona. Las muestras están depositadas en el Herbario Ficológico de la U.A.B.C.S.

Para la caracterización de las comunidades de los taxa mencionados, se hará uso de índices descriptivos para establecer comparaciones espaciales o temporales y entre diferentes comunidades. Una gran variedad de índices (números únicos) pueden ser usados como medida de algún atributo de la estructura de la comunidad en una serie de muestras, estos incluyen el total de los individuos (N), número total de especies (S), y relaciones como N/S (número promedio de individuos por especie). El uso de índices de diversidad permite establecer comparaciones entre diferentes comunidades y entre diferentes áreas geográficas de un grupo taxonómico determinado, es por este medio que se puede inferir la estabilidad propia de los ambientes.

Se calculó el índice de diversidad mediante el algoritmo de Shannon-Wiener (H'):

$$H' = -\sum_i p_i (\log p_i)$$

Donde:

H' = índice de biodiversidad
p_i = proporción de la cuenta total de la i^a especie
Se evaluó la riqueza específica, mediante el Índice de Margaleff, que incorpora el número total de individuos (N) por lo que es una medida del número de especies presentes para un número dado de individuos (*d*):
$$\boldsymbol{d = (S - 1) / \log N}$$

Donde:
S = número total de especies
N = número total de individuos
Se calculó la equitatividad, comúnmente expresada como el Índice de equitatividad de Pielou (***J´***):
$$\boldsymbol{J' = H' (observada) / H'_{max}}$$

Donde $\boldsymbol{H'_{max}}$ es la máxima diversidad posible, que podría alcanzarse si todas las especies fueran igualmente abundantes.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Fitoplancton

El elenco taxonómico del fitoplancton está determinado en gran medida por la temperatura del agua. Las variaciones en la composición cualitativa, tanto en espacio como en tiempo, están reflejadas en la presencia de taxa particulares en determinados ambientes y épocas. La densidad fitoplanctónica en el sur de la Bahía de La Paz, muestra valores altos entre noviembre y abril y durante periodos templados, como cuando ocurre el fenómeno de La Niña (Flores-Ramírez et al. 1996). De acuerdo a estos autores la productividad en la bahía sigue un patrón definido que está determinado por la influencia de procesos oceanográficos. Aunado a esto, el patrón estacional de la productividad en la bahía se mantiene, pero su magnitud puede cambiar entre diferentes años por la influencia de fenómenos oceanográficos que ocurren a gran escala.

Para la zona de Balandra se han encontrado valores de abundancia de fitoplancton en general mayores a las 1 000 diatomeas/L, con un promedio anual de 36 391 diatomeas/L. En la zona del Estero de Zacatecas, dentro de la Ensenada de La Paz, donde se presenta poca influencia marina, se han encontrado densidades menores a 1 000 diatomeas/L, con un promedio anual de 33 276 diatomeas/L, con *Chaetoceros* y *Rhizosolenia* como los géneros más abundantes. En la zona del manglar de Enfermería, que se caracteriza por tener muy poca influencia oceánica, los géneros dominantes son *Amphora*, *Gyrosugma*, *Melosira* y *Navicula*, con menos de 1 000 diatomeas/L y promedio anual de 1 600 diatomeas/L (Bustillos-Guzmán 1981).

Las fluctuaciones numéricas del fitoplancton pueden ser evidentes en el transcurso de los periodos estacionales, se han registrado como valores extremos 1 708 950 células/L en invierno y 140 000 células/L en la primavera (Signoret y Santoyo 1980).

2.3.1.1 Riqueza específica, dominancia y diversidad

En la zona de Balandra existe una gran influencia oceánica, se encuentran unas 246 especies de diatomeas, los géneros más abundantes son *Ceratulia*, *Chaetoceros*, *Eucampia* y *Navicula*.
Durante el periodo de primavera se registraron 72 especies, de las que el 71.2% pertenecen al grupo de las diatomeas, el porcentaje restante estuvo representado por los dinoflagelados y fitoflagelados principalmente. Por otro lado durante el verano se registró un incremento notable en el número de especies, con un total de 189, de las que el 58% estuvo representado por las diatomeas, el 38% por los dinoflagelados y el 4% por fitoflagelados.

En otoño disminuyó la diversidad, con 90 especies registradas, de las que el 43% lo conformaron las diatomeas y el resto estuvo formado por dinoflagelados y fitoflagelados. En este periodo fue notable la aparición de nuevos componentes en la comunidad, aunque en bajas proporciones, de cocolitofóridos y silicoflagelados, así como la disminución de número de especies de dinoflagelados.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

En periodo de invierno se registró nuevamente un aumento en el número de especies (109), en cuya comunidad dominaron las diatomeas con 52 especies y los dinoflagelados con 39 especies, los fitoflagelados estuvieron representados por 15 especies.

La comunidad de fitoplacton al sur de la Bahía de La Paz y en la Ensenada de La Paz, para el periodo 1975-1976, estuvo representada principalmente por: *Chaetoceros* spp., *Rhizosolenia fragilísima, Ceratulina bergonii, Nitzschia pungens, Nitzschia delicatissima* y *Eucampia cornuta* (Signoret y Santoyo 1980). En general el fitoplancton en la Bahía y Ensenada de La Paz es muy diverso (mas de 100 especies presentes a un tiempo) y sus poblaciones fluctúan en relación con la temperatura del agua y el periodo de luz solar. El género *Ceratium* es uno de los dinoflagelados más conspicuos distribuidos en el Golfo de California, donde han sido identificadas 83 especies, incluyendo variedades y formas (Licea et al. 1995), esto es cerca del total mundial de 120 especies conocidas (Sournia 1986). De todas ellas, únicamente se han reportado como formadoras de marea roja a *Ceratium furca* var. *furca*, *C. fusus* var. *fusus*, *C. lineatum*, *C. longipes* y *C. tripos* (Toriumi 1990). Sin embargo, *C. dens*, ha sido incluido recientemente como responsable de mareas rojas (Cortés y Luna 1998). Este estudio da a conocer la presencia y la distribución de *C. dens* en el golfo de California.

2.3.1.2 Especies relevantes y Mareas Rojas

En el fitoplancton se encuentran ciertas especies que son relevantes para el humano desde el punto de vista médico, estas son las que producen las llamadas mareas rojas. Las mareas rojas son el producto de la concentración masiva y esporádica de fitoplancton, principalmente de algunas especies de diatomeas del género *Pseudonitzchia* y de dinoflagelados de los géneros *Gonyaulax* y *Gymnodinium*, entre otros. Aunque pueden ser frecuentes, en general son impredecibles y de permanencia o duración corta e irregular. Este fenómeno ocurre cuando interactúan en el medio marino ciertos factores biológicos, antropogénicos y ambientales o fisicoquímicos. Entre los factores biológicos más importantes está la presencia en ese momento de una población de los mencionados organismos del fitoplancton. Como factor antropogénico destaca de manera específica la contaminación orgánica del mar, la cual incrementa anormalmente la cantidad de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, que en concentraciones mayores a las normales en el sitio específico provocan un aumento en la reproducción del fitoplancton, llamado florecimiento (blooms en inglés). Entre los factores ambientales se considera el aporte de nutrientes por parte de la atmósfera y de las aguas intercontinentales y subterráneas. Es importante también la condición estratificada de la columna de agua, así como los procesos de circulación de las mismas.

Dentro de estos florecimientos hay algunos que no alcanzan densidades tan altas como para teñir el mar, sin embargo son muy dañinos; se les llama florecimientos algales perjudiciales o, por sus siglas en inglés, HAB (Harmful Algal Bloom), éstos tienen toxinas y pueden causar efectos negativos. También existen florecimientos algales no tóxicos, los cuales generalmente no presentan peligro, aunque pueden llegar a ser nocivos cuando la densidad celular es tan elevada que favorece la disminución de oxígeno disuelto, la liberación de polímeros y la oclusión de branquias en peces y moluscos, dando como resultado su mortalidad masiva, así como la de otros organismos.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

C. dens está presente en la región alta del Golfo de California y alrededor de Cabo San Lucas. En el ciclo 1995-96 la variación en la bahía mostró dos períodos de máxima abundancia en primavera y otoño. Las abundancias presentaron una gran variación, en mar abierto fueron de 1-14 células ml^{-1}, en zonas costeras de 20-360 células ml^{-1}, y durante periodos de marea roja en 1985, 1989 y 1997 sus abundancias extremas fueron 144 000-256 000 células ml^{-1}, 100 000-400 000 células ml^{-1} y 189 000-592 000 células ml^{-1}, respectivamente. Durante la marea roja, *C. dens* varía grandemente, a veces sustituida por *Skeletonema costatum* o *Pseudonitzchia* spp y *Ceratium furca*. *C. dens*, aparenta tener una afinidad por los ambientes de alta productividad (Cortés-Altamirano y Núñez-Pastén 2000).

En las mareas rojas mexicanas se han registrado densidades de medio millón a 36 millones de células de fitoplancton por litro, pero el intervalo común de abundancia para considerar un florecimiento algal como marea roja es entre cinco y 20 millones de células por litro. Las especies más comunes de fitoplancton que se presentan en las mareas rojas mexicanas son *Prorocentrum dentatum* y *P. minimum*, que son dinoflagelados de estructura geométrica comprimida, de color pardo y con amplia capacidad de desplazamiento vertical. Las especies comunes en florecimientos tóxicos son los dinoflagelados: *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, *Gymnodinium catenatum*, *Gonyaulax polyedra*, *Alexandrium* sp. y *Ptychodiscus brevis*.

Durante las mareas rojas las personas pueden intoxicarse mediante la ingestión de mariscos contaminados, o por contacto directo con el mar en el momento en que está presente un florecimiento de estos dinoflagelados o por la inhalación de aerosoles que contengan las toxinas, causando irritación en las vías respiratorias altas.

El consumo de peces y mariscos contaminados por los florecimientos algales tóxicos en general provoca en los humanos síndromes de tipo paralítico, diarréico y amnésico. Dichas toxinas son consideradas como metabolitos secundarios de estos organismos, su síntesis es limitada y están presentes solamente en un pequeño grupo de ellos. La eliminación de las toxinas es lenta, pueden permanecer en el tejido animal desde meses hasta años, sobre todo en lugares con temperaturas bajas, ya que se reduce su metabolismo.

El principal causante de la ciguatera es el dinoflagelado bentónico *G. toxicus*, que se encuentra distribuido principalmente en regiones arrecifales del Pacífico, el Atlántico y en el Caribe tropical. Algunos autores consideran a *Prorocentrum* como el segundo género más importante y a *Ostreopsis* como el tercero en importancia. En el caso particular del Golfo de California es baja la incidencia reportada de este tipo de intoxicación, lo que quizá se deba a que en la mayoría de los casos no se logra diagnosticar como tal o no se reporta a las instituciones médicas, debido a que este envenenamiento es poco común en los litorales continentales.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

2.3.2 Zooplancton

La comunidad de zooplancton muestra variaciones estacionales muy relacionadas con aquellas que presenta el fitoplancton. En la Bahía de La Paz la biomasa zooplanctónica es alta durante el invierno, con un máximo en febrero; durante la primavera puede verse una biomasa importante, con máximo registrado en mayo, mientras que en verano la densidad zooplanctónica disminuye, y llega al mínimo valor durante el otoño (González-Navarro y Saldierna-Martínez 1997). La biomasa zooplanctónica dentro de la bahía sigue un patrón definido determinado principalmente por la influencia de procesos oceanográficos (Flores-Ramírez et al. 1996). El patrón estacional de biomasa zooplanctónica se mantiene pero su magnitud puede cambiar entre años debido a la influencia de fenómenos oceanográficos de gran escala.

2.3.2.1 Riqueza específica, dominancia y diversidad

Los principales componentes del zooplancton durante un ciclo anual son los copépodos, quetognatos y eufásidos, sin embargo en ciertos periodos y áreas son mas abundantes los decápodos, anfípodos, cladóceros, sifonóforos, medusas, ctenóforos y larvas de peces (González-Navarro y Saldierna-Martínez 1997). Se han encontrado dos géneros y diez especies de quetognatos, que son depredadores muy activos. Las poblaciones están dominadas por dos especies: *Sagitta enflata* y *S. euneritica* (Medina-Rendón 1979).

Los eufásidos (genéricamente llamados “krill”) están representados por cuatro géneros y siete especies de la familia Euphausiidae: *Nyctiphanes simplex*, *Euphausia eximia, E. tenera, E. distinguenda, Nematoscelis difficilis*, *N. gracilis* y *Stylocheiron affine*; de ellas *Nyctiphanes simplex* es la especie dominante, con valores de abundancia por arriba del 98% en su estado larval y del 27 al 99.8% en la fase adulta. Esta especie costera es muy importante en la red trófica del área, pues es alimento de mamíferos marinos, aves, peces y otros organismos del zooplancton.

El análisis cualitativo muestra que la taxocenosis estuvo integrada por especies de afinidad oceánica transicional como *Nematoscelis difficilis* y *Stylocheiron affine*; de afinidad ecuatorial oceánica como *Euphausia distinguenda*, *Euphausia eximia*, *Euphausia tenera* y *Nematoscelis gracilis* y por último una sola especie de afinidad transicional costera que es *Nyctiphanes simplex*. El resto de las especies con excepción de *Nematoscelis difficilis* se consideran como raras, identificándose a la taxocenosis como típica de una zona costera.

La fisiografía, la batimetría, el régimen de vientos y la influencia de las corrientes de marea que se presentan en esta área, parecen ser los principales factores responsables de la distribución de las especies, localizándose aquellas de naturaleza oceánica en la zona profunda de la bahía (>200m) en todos sus estadios de desarrollo, mientras que las larvas de *Nyctiphanes simplex* (especie costera), se distribuyen en toda el área y sus correspondientes fases adultas en profundidades mayores a los 70m. Los factores mencionados, aunados a la biología propia de la especie dominante, promueven que la bahía posiblemente represente una de las áreas costeras de la Península de Baja California con mayor producción secundaria otorgada por *Nyctiphanes simplex*. Los valores más altos de producción por crecimiento para las larvas de esta especie, se han

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

observado entre febrero y junio lo que coincide con el periodo reproductivo; los valores más bajos se han encontrado entre julio y agosto (De Silva-Dávila 1997).

En un registro de zooplancton hecho entre 1984 y 1986 se constató que en general la composición zooplanctónica está dada por los copépodos *Calanus pacificus* y *Rhincalanus nasutus*; por los eufásidos *Nyctiphanes simplex* y *Nematoscelis difficilis*; los quetognatos *Sagitta enflata* y *Sagitta minima* y el taliaceo (urocordado) *Thalia democratica*, lo que coincide con lo descrito por cruceros CalCOFI realizados en el Golfo de California. También fueron abundantes el taliaceo *Doliolum gegenbauri* y las apendicularias *Oikopleura dioica*, *Stegosoma magnum* y *Megalocercus huxleyi*; el sifonóforo dominante es *Muggiaea atlántica* (Esquivel-Herrera 1990).

Al interior de la Bahía de La Paz los copépodos están representados por especies neríticas (*Eucalanus attenuatus, Temora discaudata* y *Corycaeus speciosus*) y especies oceánicas (*Labidocera acuta*, *Rhincalanus nasutus*, *Euchaeta marina* y *Candacia aethiopica*).

Dentro de la Ensenada de La Paz se han registrado 69 especies, 34 géneros y 26 familias de copépodos (Palomares 1996). La diversidad aumenta en el canal principal de la ensenada durante todo el año y existe mayor incidencia de las especies neríticas y oceánicas antes mencionadas, debido al fuerte intercambio de agua entre la bahía y la ensenada a través de las corrientes de marea.

En el interior de la Ensenada de La Paz los copépodos más abundantes son *Acartia clausi*, *Acartia lilljeborgii* y *Paracalanus parvus*. El comportamiento de la abundancia y la diversidad de esta comunidad a lo largo de un ciclo anual presentan un claro descenso desde la primavera hasta el invierno. En esta comunidad se presenta una baja diversidad debido a la alta dominancia de un par de especies: *Acartia clausi* y *Acartia lilljeborgii*, que representan el 79% de la abundancia en las cuatro épocas del año.

El grupo de los crustáceos decápodos es muy diverso, está formado por unas 100 especies (González y Saldierna 1997), distribuidas en 35 familias, las que constituyen mas del 50% de las familias registradas como adultos para el Golfo de California. En invierno, primavera y verano la comunidad de larvas de decápodos está representada principalmente por las familias Palaemonidae, Pinnotheridae y Ocypodidae.

Durante la primavera en la Bahía de La Paz el grupo de los cladóceros está representado principalmente por las especies *Penilia avirostris* y *Evadne* sp. Los organismos llamados apendicularias, estuvieron representados por seis especies: *Oikopleura cophocerca, O. dioica, O. intermedia, O. longicauda, O. rufescens* y *Fritillaria formica*.

El grupo de los ctenóforos estuvo representado en la Bahía de La Paz por *Pleurobranchia bachei*. La composición de larvas de peces dentro de la bahía fue de cerca de 100 especies; las familias más abundantes fueron Clupeidae, Myctophidae, Gonostomidae y Haemulidae. Se ha observado que el comportamiento de la abundancia de larvas de peces está en relación directa con la biomasa zooplanctónica y en relación inversa con la temperatura (González-Navarro y Saldierna-Martínez 1997). Durante el invierno la presencia de larvas es importante (febrero con 9 343 larvas/10m^2 de

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

superficie marina), aumenta durante la primavera (mayo con 11 776 larvas/10m^2 de superficie marina) y presenta una disminución paulatina mientras trascurre el verano, hasta alcanzar el valor mínimo durante agosto (7000 larvas/10m^2 de superficie marina). Durante la primavera, cuando hay mayor cantidad de alimento disponible en el medio, las larvas de peces presentan su mayor abundancia, dada principalmente por miembros de la familia Clupeidae.

En la Ensenada de La Paz se ha encontrado que el ictioplancton está integrado por 18 familias, lo que representa el 50% de las especies de peces, juveniles y adultos, reportados para esa zona (Arreola 1991). Se ha observado que de acuerdo a la variación estacional de la abundancia y de la frecuencia de las larvas de peces (estudio hecho en 1984), destacan las familias Gobiidae, Gerreidae, Engraulidae, Clinidae y Blenidae, consideradas como residentes y propias de estos cuerpos de agua, en cuya parte interna predomina el sustrato areno-fangoso, y donde pueden llevar a cabo su ciclo de vida completo, a diferencia de especies temporales como los representantes de las familias Clupeidae, Carangidae y Mullidae, que básicamente utilizan esta área con fines reproductivos.

Las condiciones prevalecientes en la Bahía de La Paz tienen mayor influencia oceánica y existe un gran intercambio de agua entre ésta y la zona aledaña del Golfo de California. Estas condiciones favorecen que especies pelágicas (sardinas y atunes, Clupeidae y Scombridae) y especies mesopelágicas (peces linterna, Myctophidae) ocupen la bahía con fines reproductivos, mientras que en la ensenada, con menor intercambio de agua, prevalecen miembros de las familias Gobiidae, Gerreidae, Engraulidae, Clinidae y Blenidae, debido a que son organismos que viven asociados al fondo y en agua somera. La presencia de estos grupos de peces en la parte sureste de la bahía y a lo largo del canal principal que comunica la bahía con la ensenada, muestra la influencia de las corrientes de mareas en el transporte de larvas, tanto hacia dentro de la ensenada como hacia fuera de esta.

2.3.2.2 Especies relevantes

El zooplancton por sí mismo sirve de alimento a una diversidad de seres, desde algunos moluscos filtradores hasta grandes organismos como el tiburón ballena, la ballena azul y otros misticetos, y gran número de peces filtradores (Mugilidae). El krill (*Nyctiphanes simplex*) destaca entre el zooplancton como aportador de gran cantidad de biomasa. En el zooplancton se encuentran las larvas de multitud de especies de peces, esponjas, cnidarios, moluscos, equinodermos y crustáceos.

2.3.3 Ficoflora (macroalgas)

En la Bahía de La Paz, a partir de 1971 a la fecha, se han realizado varios trabajos acerca de la ficoflora, entre ellos destacan los de Holguín-Quiñónez (1971), Huerta-Muzquiz y Mendoza-González (1985), Casas-Valdéz (1997), y el de Cruz-Ayala (1996), que son los más completos en cuanto a la descripción de la ficoflora de la Bahía de La Paz y además son estudios que abarcaron al menos un año completo, es decir, las cuatro estaciones del año. Dentro de la Bahía de La Paz, en Balandra se

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

realizó un trabajo taxonómico muy completo de las macroalgas presentes (Rocha-Ramírez y Siqueiros-Beltrones, 1991).

El género más estudiado es *Sargassum*, sobre el cual se han realizado investigaciones acerca de su fenología (Muñetón-Gómez, 1987); crecimiento (Muñetón-Gómez y Hernández-Carmona, 1993) y taxonomía (Rocha-Ramírez y Siqueiros-Beltrones, 1990).

Se ha hecho un gran esfuerzo para determinar el número de especies y su abundancia (en forma de biomasa) dentro de la Bahía de La Paz. Se ha encontrado que en esta área existe una riqueza específica superior a la que se ha propuesto para la región sur del Golfo de California, 284 especies en la bahía, 205 especies para el sur del Golfo de California (Zertuche-González et al., 1996), sin embargo esto se debe a que los trabajos previos se han desarrollado en zonas someras, y a que ha sido insuficiente el esfuerzo para caracterizar las asociaciones de macroalgas en manglares (Paul-Chávez, 1996).

2.3.3.1 Riqueza específica, dominancia y diversidad

Riosmena-Rodríguez y Paul-Chávez (1997) registran que en la Bahía de La Paz, las algas rojas representan el 62% de las especies, las algas cafés el 15% y las verdes el 23%. Se pudo determinar que existe una mezcla de elementos templados (32%), endémicos (24%) y tropicales (44%), estos últimos predominantes en las algas verdes y cafés. En la bahía se encuentran 43 especies de interés comercial de las cuales es escasa la información. Probablemente las mezclas biogeográficas que se observan son consecuencia de la historia evolutiva reciente del Golfo de California y de las variaciones estacionales relacionadas con cambios a gran escala de las corrientes marinas.

Casas-Valdez y colaboradores (1997) encuentran que las especies presentes con una mayor distribución y abundancia en la Bahía de La Paz, son *Sargassum sinicola*, *Spyridia filamentosa*, *Caulerpa sertulariodides*, *Laurencia johnstonii* y varias especies del género *Ulva*. En invierno de 1993 frente a el manglar El Conchalito se localizó la mayor abundancia, se presentaron siete especies en la misma estación, entre las que se observó con una mayor frecuencia *Sargassum sinicola* (alga café) seguida en importancia por *Enteromorpha clathratha* (alga verde). Posteriormente, en primavera, la zona con mayor abundancia específica cambió a la parte occidental al inicio de la barra arenosa El Mogote, con tres especies solamente: *Sargassum sinicola*, *Sargassum herporhizum* (algas cafés) y *Spyridia filamentosa* (alga roja).

Se han registrado en la Bahía de La Paz un total de 131 especies de algas, de las que 71 pertenecen a la División Rodophyta, bien representada por las familias Collarinaceae y Gracilariaceae, 27 especies pertenecen a la División Phaeophyta, representada principalmente por la familia Dictyotaceae y 33 especies pertenecen a la División Chlorophyta, representada en su mayoría por la familia Ulvaceae. El mayor número de especies se presentó en primavera, y el mínimo número en otoño (Vázquez-Borja 1999).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

La riqueza específica presenta estacionalidad, con máximo en primavera y mínimo en otoño, lo que sugiere que son especies con influencia subtropical, estas variaciones en riqueza y en diversidad dependen casi exclusivamente del sustrato y la temperatura (Cruz-Ayala 1996).

En general la riqueza específica es mayor en invierno y primavera (80 especies) y menor en verano (40) y otoño (20) (Vázquez-Borja 1999).

En la Bahía de La Paz se han registrado cinco especies de afinidad templada: *Ulva expansa* (con distribución en California) y *Codium cuneatum*, con distribución dentro del Golfo de California. Están también *Ectocarpus parvus, E. sumulans*, *Laurencia pacifica*, y *Liagora californica*.

Especies de afinidad tropical son *Caulerpa sertulariodes, Sargassum sinicola, Dictyota dichotoma, Padina durvillaei, Galaxaura rugosa* e *Hypnoea spinella*, todas ellas de distribución pantropical.

Las especies templadas presentes todo el año fueron sólo las algas rojas: *Laurencia pacifica, L. Johnstonii* y *Liagora californica*.

Las especies cuya presencia ocurrió en primavera y su ausencia en otoño son *Cladophora microcladiodes, Ectocarpus parvus* y *Corallina vancouveriensis*.

Las especies tropicales de presencia durante todo el año fueron *Caulerpa racemosa*, *Halimeda discoidea, Sargassum sinicola, Dictyota dichotoma, Padina durvillaei, Gelidiopsis tenuis, Gracillaria crispata, Gelidiella acerosa, Digenia simplex, Laurencia papillosa, Hypnoea pañosa* y *Neogoniolithon trichotomum*.

Las especies tropicales cuya presencia ocurrió en invierno y primavera de manera inconsistente fueron muy numerosas, por otro lado, no se encontró alguna tendencia temporal para las algas verdes o cafés. *Sargassum lapazeanum* se encontró sólo en el periodo de verano a otoño en muy poca cantidad, y *Dictyota cervicornis* sólo se encontró en invierno.

En la zona del Malecón, *Ulva* y *Enteromorpha* fueron los géneros dominantes, estas algas son consideradas como oportunistas, debido a que tienen gran capacidad de reclutamiento, presentan un crecimiento muy rápido y una tasa de reproducción enorme. La influencia del drenaje municipal explica en cierta medida el gran número de especies encontradas de algas verdes en la zona del Malecón, pues su supervivencia y crecimiento está relacionado con aguas contaminadas con desechos tóxicos. Cruz-Ayala (1996) señala que en el Comitán, *Caulerpa sertulariodes* es la especie dominante, mientras que en el Malecón las especies dominantes son *Ulva expansa*, *Ulva latuca* y *Ulva rigida*, especies que aportan una alta biomasa en esa zona.

Otra consideración importante para la riqueza de especies en la zona del Malecón es la influencia antropogénica. Debido a la gran afluencia humana, el sustrato presente se ha modificado y enriquecido, lo que se refleja en un mayor espacio potencial para la colonización por numerosas especies de algas.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Las especies dominantes y con mayor abundancia en la zona sur de El Mogote (Malecón y canal) fueron *Sargassum sinicola, S. Herporhizum, Spyiridia filamentosa, Caulerpa sertularioides, Hydroclathrus clathrathus* y *Laurencia pacifica*.

Las especies de *Sargassum* predominan en sitios expuestos y con sustrato rocoso o pedregoso, dado que requieren sustrato duro para su fijación debido al tipo de estructuras que forman para este propósito (rizoides, discos de fijación o sujetadores cilíndricos).

La presencia de *Sargassum herporhizum* está asociada al sustrato duro, pedregoso o arenoso con guijarros. Su distribución coincide con *S. sinicola*, aunque con respecto de esta, su biomasa fue muy baja.

Spyridia filamentosa muestra mayor afinidad en sustrato pedregoso o arenoso con guijarros y conchas, es común encontrarla creciendo sobre las raíces del mangle. El comportamiento estacional que presenta es característico de una especie tropical, con máxima biomasa en verano y mínima en invierno.

Caulerpa sertularioides está ampliamente distribuida en aguas tropicales y subtropicales, presenta mayor biomasa en sitios protegidos o semiprotegidos con fondos arenosos o limosos. Su crecimiento es por estolones, de modo que forma tapetes sobre el fondo para fijarse, por lo que el sustrato pedregoso no permite su desarrollo. En esta especie la temperatura aparentemente no es un factor limítrofe para su crecimiento o su distribución.

Padina durvillaei predomina en los sustratos pedregosos, por esto en la zona del Malecón se le encuentra asociada al fondo arenoso con guijarros o conchas. Es de afinidad tropical por lo que su mayor abundancia es en el verano, aunque no representa mas de un 9 % en esta estación.

Hydroclathrus clathrathus presenta mayor abundancia en zonas de sustrato arenoso con guijarros y fragmentos de conchas tendiendo a preferir sustrato pedregoso. Alcanza su máxima biomasa en primavera y la mínima en otoño. Aunque se le puede encontrar durante todo el año, en primavera su biomasa relativa no sobrepasa el 6 %.

Laurencia pacifica presenta la mayor abundancia y la mayor biomasa relativa en invierno, cuando se le encuentra en El Malecón y en El Comitán, y en verano sólo se encuentra en la zona de El Malecón y del canal entre El Mogote y El Malecón. Esta especie prefiere sustrato rocoso y pozas de marea, y aunque es de influencia templada está presente durante todo el año.

2.3.3.2 Especies relevantes

Las especies de algas relevantes son aquellas que pueden usarse de alguna forma por el humano (*Sargassum sinicola*) o que aportan la mayor parte de la biomasa presente en un momento dado.

Sargassum sinicola presenta un ciclo de abundancia monomodal, con un máximo en primavera y mínimo en otoño. Tales variaciones están relacionadas con la temperatura y existe un patrón de

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

biomasa relacionado con la misma. En zonas tropicales y subtropicales el pico de abundancia es en los meses fríos del año y en las zonas templadas el máximo de biomasa ocurre en verano.

En la bahía se encuentran especies susceptibles de explotación como posibles fuentes de antibióticos, por ejemplo *Spyridia filamentosa, Laurencia pacifica* y *Caulerpa sertulariodes*. *Sargassum* spp. Puede usarse como fertilizante, también ha sido probado como complemento alimenticio para animales y se usa como fuente para la extracción de alginatos en el CICIMAR (Hernández-Carmona, 1985).

2.3.4 Invertebrados marinos

Los grupos de invertebrados marinos más representativos de la bahía son los cnidarios, ctenóforos, las esponjas, moluscos, anélidos, equinodermos y crustáceos.

2.3.4.1 Poríferos

2.3.4.1.1 Riqueza específica

El Phylum Porífera (esponjas) es un grupo muy abundante y está bien representado en la zona intertidal del Golfo de California. Aunque es el grupo de seres vivos multicelulares más simple, son muy difíciles de describir debido a la plasticidad de su forma. La mayoría de las esponjas crecen, proliferan y forman incrustaciones en numerosos sustratos y en todas direcciones, puesto que su morfología y tamaño es resultado de una multitud de factores bióticos y abióticos.

Las esponjas se distribuyen preferentemente en las costas rocosas de la ensenada, normalmente se encuentran adheridas a sustratos duros e inertes, y en ocasiones como epibiontes sobre conchas de moluscos, caparazones de crustáceos decápodos, talos de algas y algunos corales. Son frecuentes en aguas poco profundas del litoral rocoso de la ensenada, principalmente al este y noreste de la misma, llegando a formar “arrecifes” (como es el caso del Arrecife San Gabriel en el complejo insular de la bahía).

En el Golfo de California se estima que viven unas 100 especies, la mayoría de ellas aún no descritas. Steinbeck y Ricketts registraron 14 especies en la zona intertidal del Golfo de California, y concluyeron que existen afinidades con la Provincia Californiana más que con la Provincia Panámica. Las especies predominantes en el golfo son: *Aplysina fisturalis*, *Zigomycale parishi*, *Callispongia* sp. y la esponja blanca *Leucetta losangelensis*, ésta última se encuentra catalogada como especie endémica según Del Moral-Romero (1997), aunque no se la encuentra en la NOM-059-ECOL-2001.

Las esponjas más comunes en la Ensenada de La Paz pertenecen a tres especies: *Cliona celata*, *Leucosolenia* y *Haliclona*. Específicamente *Cliona celata* es una esponja encostrante que se encuentra en casi todo objeto que se encuentre sumergido y que sea susceptible de colonización

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

(Wright-López 1997), también se le considera un organismo marino clave en el ciclo del calcio y carbonatos en ambientes litorales y bentónicos. La acción de esta esponja es degradar conchas de moluscos y estructuras calcáreas diversas. También se le ha usado como indicador ecológico del régimen de salinidad en una región particular, debido a sus tolerancias específicas a este parámetro (Hopkins 1956). Otras esponjas registradas en el área de la Bahía de La Paz son *Halisarca*, *Litaspongia*, *Halichondria*, *Tethya*, y *Verongia* (Brusca 1980).

2.3.4.1.2 Especies relevantes

Del Moral Romero (1997) menciona a *Leucetta losangelensis* como especie en protección, sin embargo no se le menciona en la NOM-059-ECOL-2001, por otro lado *Cliona celata* ha sido mencionada como especie clave en el ciclo del calcio en el ambiente marino. También se ha mencionado que ciertas especies (por ejemplo *Verongia aurea*) producen metabolitos con propiedades antimicrobianas (Brusca 1980). En el área de estudio de El Mogote no se encontró ninguna especie de esponja debido al sustrato arenoso que prevalece, aunque frecuentemente se observa que en la zona entre mareas se depositan restos de esponjas que viven en los sustratos rocosos del Malecón y la costa oeste de la península de Pichilingue, además de la zona insular de Espíritu Santo y zonas de costa rocosa hacia el Norte de la bahía.

2.3.4.2 Cnidarios y Ctenóforos

El Phylum Cnidaria está formado por tres clases: Anthozoaria (anémonas de mar, gorgonias, plumas de mar, corales), Hydrozoaria (hidroides, hidromedusas, sifonóforos), y Scyphozoaria (medusas verdaderas). El grupo de los ctenóforos es muy parecido a los cnidarios, solo que a diferencia de éstos, su modo de locomoción no se efectúa por pulsaciones del cuerpo sino mediante placas ciliares (ctenos), cuyos cilios baten en sincronía e impulsan rítmicamente al animal, hay pocas especies y todas están presentes en mar abierto formando parte del plancton. La distribución y abundancia de los sifonóforos epipelágicos del Golfo de California, indica que no hay especies exclusivas del golfo.

El calicóforo (sifonóforo sin pneumatóforo y con cavidad llena de aceite) de aguas de plataforma *Muggiaea atlantica* es la especie de sifonóforo dominante en el zooplancton, alcanza densidades incluso mayores a 10 000 organismos en 1000 m^3 en algunas localidades, sobre todo en la región de la cabecera y en las estaciones próximas a áreas de surgencia; debido a su dominancia disminuye en gran medida los valores de diversidad para esta taxocenosis. Por otra parte, la línea que limita a los valores de diversidad superiores a los 2.5 bits por individuo define la máxima penetración de las comunidades tropicales de sifonóforos, que son las formas asociadas a *Chelophyes contorta*.

La localización geográfica de esta línea varia de un muestreo a otro en respuesta a la intensidad de las diferentes masas de agua, pero en la primavera coincide con una isoterma. La región meridional del Golfo de California se caracteriza por una alta heterogeneidad espacial, la zona de las grandes islas del Golfo central constituye, en especial en el canal de ballenas y canal de Salsipuedes, una barrera para la dispersión hacia el norte de las formas tropicales de ctenóforos, debido a la intensa

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

mezcla vertical permanente en el área y a la presencia de una elevación en profundidad que limita el avance de la fauna subtropical mesopelágica (Esquivel-Herrera 1990).

2.3.4.2.1 Riqueza específica

La fauna coralina (coral pétreo, Scleractinia) del Pacífico Mexicano está representada por 23 especies y seis géneros, la mayor riqueza se encuentra en las Islas Revillagigedo (18 especies) y las costas de Nayarit (12 especies), seguida de la zona correspondiente a la Bahía de La Paz, con 11 especies: *Pocillopora capitata, Pocillopora damicornis, Pocillopora meandrina, Pocillopora verrucosa, Pocillopora panamensis, Psammocora brighami, Psammocora stellata, Pavona claus, Pavona gigantea, Fungia curvata y Fungia distorta* (Reyes-Bonilla y López-Pérez 1998).

En el Golfo de California se han registrado otras especies de cnidarios, por ejemplo el pequeño hidrozoario *Obelia dichotoma* que puede crecer en prácticamente cualquier sustrato. En El Mogote no es raro ver al hidrozoario *Aglaophenia diegensis*, o pequeña pluma de mar, creciendo en la zona intermareal del norte de esta barrera arenosa. *Cerianthus* es una anémona que vive enterrada en la arena, formando un tubo en el que se esconde, es muy común en la arena frente a los manglares de El Mogote, y puede ser vista con cierta regularidad hasta la punta de la barrera arenosa, frente a Coromuel. Se localiza desde la zona intermareal hasta los 3 m, aunque probablemente se le encuentre a mayor profundidad.

En el área circundante al El Mogote, sobre todo la zona con costa rocosa (Coromuel, Pichilingue, Isla Gaviota, ver Fig. 2-3) hay pequeñas zonas en las que existen corales. El mas común es *Pocillopora elegans*, especie tropical, con distribución desde el sur del golfo hasta Panamá y responsable de los arrecifes de Bahía Pulmo, Cerralvo y Espíritu Santo entre otros. Son arrecifes que forman hábitat para numerosas especies adaptadas a este hábitat, entre ellas varias especies de peces que sólo viven en estas áreas (peces de arrecife). Otras especies de corales registradas en los sustratos rocosos de la Bahía de La Paz son *Porites panamensis, Porites californica*, *Astrangia pedersenii*, *Tubastrea tenuilamellosa*, *Cycloseris* y el gorgónido *Gorgonia* spp. (Brusca 1980).

Se han registrado muy pocas especies de cnidarios (medusas y corales) en el área circundante a El Mogote, en la zona arenosa norte no es raro ver al penatuláceo *Ptilosarcus* (pluma de mar) enterrado en la arena, cerca del área de manglares. En tanto que en la zona sur, desde la punta, comienza a predominar en el suelo arenoso-limoso *Renilla* sp., otro cnidario colonial que tiene forma de hoja. Este cnidario no ha sido reportado apropiadamente para el Golfo de California, y de hecho se cree que la especie que está presente es *Renilla amethystina* (Brusca 1980). El único ctenóforo que ha sido registrado para la Bahía de La Paz es *Pleurobranchia* sp., y algunas veces ha sido visto varado en las playas arenosas de la Bahía de La Paz (Brusca 1980).

2.3.4.2.2 Especies relevantes

En época de marejada o en invierno, puede verse varada en la playa de El Mogote a *Physalia* sp. (carabela o fragata Portuguesa), un hidrozoario colonial que presenta un flotador (pneumatóforo)

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

lleno de gas (CO con trazas de N, Ar y Xe), y largos tentáculos (pólipos especializados) que se pueden prolongar de varios centímetros a varios metros. Una *Physalia* madura puede estar formada por 1 000 individuos (pólipos); el flotador mismo es un individuo dentro de la colonia, que puede medir de 2.5 a 30 cm. La picadura de este animal es peligrosa y una de las más fuertes conocidas dentro de los cnidarios. El remedio mas común es aplicar directamente a la piel alcohol, compuestos alcalinos como bicarbonato, antiácidos, amonio o ablandador de carne (especialmente si contiene papaína). A pesar de la existencia de arrecifes coralinos en la Bahía de La Paz, no se cita en la NOM-059-ECOL-2001 o en CITES a ninguna de las especies de corales presentes.

2.3.4.3 Anélidos

2.3.4.3.1 Riqueza específica

El Atlas Nacional de Anélidos Poliquetos contiene 4 985 registros correspondientes a 44 familias, 206 géneros y 473 especies, y pertenece al SNIB.

Este grupo consiste en tres formas básicas o clases: los oligoquetos (gusanos de tierra), hirudíneos (sanguijuelas) y poliquetos (gusanos marinos). En el Golfo de California se han registrado unas 400 especies de poliquetos. La más estudiada en la Bahía de La Paz es La Clase Polychaeta, principalmente por que es fauna epibionte en numerosos colectores de semilla de bivalvos de importancia. Las especies más comunes registradas en el Golfo de California son: *Rhynchonerella petersi, Phalocrophus pictus, P. uniformis, Lopadorhynchus henseni, Pelagobia longicirrata, Pontodora pelagica, Tomopteris elegans, T. nationalis, T. planktonis, Sagitella kowalewski* y *Typhloscolex mulleri* (Del Moral-Romero 1997).

En la Ensenada de La Paz el poliqueto más común que encontramos como epibionte de numerosos moluscos y gorgónidos es *Polydora* (*Polydora ligni, Polidora wobberi, Polidora nuchalis*), por otro lado la familia Serpulidae esta bien representada en la bahía y la ensenada (*Salmacina*, *Apomatus*, *Filograna implexa y Eupomatus recurvispina* que es endémica del Golfo de California). En conjunto, estas comunidades presentan un índice de diversidad alto (entre 4 y 4.5) a lo largo de un ciclo anual (Wright-López 1997). Otras especies registradas para la Bahía de La Paz son *Typosyllis hyalina*, *Ceratonereis mirabilis* y *Glycera tesselata*.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

2.3.4.3.2 Especies relevantes

Debido a la dificultad taxonómica que entraña este grupo, hay pocos trabajos que señalen la taxocenosis en la Bahía de La Paz. Desde el punto de vista biológico y de acuacultivos marinos, la especie más importante es *Polydora ligni* y *Polydora* sp. además de otras especies que afectan el cultivo de bivalvos.

2.3.4.4 Equinodermos

Los holoturoideos son un recurso muy explotado en varios países, y aunque no se consume en México, se ha explotado sin control desde hace algunos años. Lo poco que se conoce en el país acerca de estos organismos, se basa principalmente en algunos aspectos taxonómicos, de reproducción y de distribución. En la Bahía de La Paz se han encontrado dos especies de holoturoideos de cierta importancia, *Isostichopus fuscus* y *Neothyone gibbosa*, *I. fuscus* es una especie protegida actualmente bajo la NOM-059-ECOL-2001 (Pr) y solo puede colectarse con fines científicos. *N. gibbosa* es factible de ser utilizada en la medicina (Herrero-Perezrul 1994).

2.3.4.4.1 Riqueza específica

En la Bahía de La Paz y en la zona cercana a El Mogote (zonas rocosas de áreas vecinas como Pichilingue, Isla Gaviota, Enfermería, Bahía Falsa y Coromuel, ver Fig. 2-3) las estrellas de mar comunes son *Astropecten armatus*, *Acanthaster planci*, *Heliaster kubiniji*, *Linckia columbiae*, *Pharia pyramidata*, *Phataria unifascialis* y *Mithrodia bradleyi*. Los erizos de mar comunes son *Tripneustes depressus*, *Toxopneustes roseus* y *Eucidaris thouarsii*. Los pepinos de mar más comunes son *Holothuria zacae*, *Isostichopus fuscus* y *Holothuria impatiens*.

En la Bahía de La Paz se han registrado 92 especies de equinodermos, de las que 21 pertenecen a la clase asteroidea, 26 a la clase Echinoidea, 27 a la clase Holothuroidea y 18 especies a la clase Ophiuroidea. Esta riqueza de especies de equinodermos es considerada entre las más altas conocidas en el Pacífico mexicano y en la región del Pacífico Oriental Tropical. Esto probablemente se debe a la diversidad de hábitat que está presente en la bahía, lo que permite que mayor cantidad de especies vivan en ella. Otra razón de esta alta diversidad es que esta área se encuentra justo en una zona de transición biogeográfica, de modo que esto permite una diversidad de clima benigno para más especies. También es posible que los métodos de colecta en la Bahía de La Paz sean muy variados, dado que los equinodermos se han estudiado en la bahía desde el siglo antepasado, y por esta razón se presenten mas especies de las que se registran en otros lados del Pacífico Mexicano (Solis-Marín et al. 1997).

De las 92 especies consideradas destaca la presencia de dos especies de equinodermos endémicos de la bahía: el asteroideo *Mithrodia enriquecasoi* y el holotúrido *Laetmogone scotoeides*, ambas encontradas en zonas cercanas a la Isla Espíritu Santo (no mencionadas en la NOM-059-ECOL-2001). También existen cuatro especies endémicas del Golfo de California, los asteroideos

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Echinaster tenuispina y *Lepichaster stellatus*; el equinoideo *Encope grandis* y el holotúrido *Holothuria fuscocinerea*, tampoco mencionadas en la NOM-059-ECOL-2001.

En la zona costera de El Mogote se encontraron muy pocos equinodermos, en todos los muestreos hechos se colectaron un total de 21 individuos: 2 asteroideos, 7 ofiuroideos (pertenecientes a tres especies no identificadas), y 12 equinoideos. Los asteroideos correspondieron al Género *Pharia*, fueron encontrados a una distancia de 100 m fuera de la costa justo en la punta de El Mogote, frente a la Marina Palmira. Los ofiuroideos representaron tres especies aun no identificadas, fueron encontrados en la infauna de la costa norte de El Mogote, a un metro de profundidad. Los equinoideos pertenecieron a la pequeña galleta de mar *Mellita longifissa*, no mencionada en los trabajos anteriores pero encontrándose bien distribuida a lo largo de la costa norte de El Mogote, en sustrato arenoso, entre uno y tres metros de profundidad (ver lista de especies en el apéndice).

2.3.4.4.2 Especies relevantes

Existen cuatro especies endémicas del Golfo de California: los asteroideos *Echinaster tenuispina* y *Lepichaster stellatus*; el equinoideo *Encope grandis* y el holotúrido *Holothuria fuscocinerea*. Dos especies endémicas de la Bahía de La Paz: el asteroideo *Mithrodia enriquecasoi* y el holotúrido *Laetmogone scotoeides*. Una especie en la categoría de Protección especial citada en la NOM-059-ECOL-2001: *Isostichopus fuscus*.

2.3.4.5 Crustáceos

2.3.4.5.1 Riqueza específica

El grupo de los crustáceos es de los mas diversos en el medio marino, en el Pacífico mexicano están registradas 720 especies, de las que 580 se encuentran en el Golfo de California. Dentro del grupo de los crustáceos, se han registrado un total de 105 especies para la bahía, entre las que destacan el género *Callinectes* (jaibas) y la especie *Panulirus inflatus* (langosta azul) por su importancia comercial en el sector pesquero (Del Moral-Romero 1997).

Se han encontrado dos grupos dominantes: los estomatópodos representados por *Squilla biformis*, y los decápodos, con nueve especies: el camarón carideo (*Heterocarpus vicarius*), el cangrejo ermitaño (*Petrochirus californiensis*) y los cangrejos Braquiuros (*Paradasygyus depressus*, *Hepatus lineatus, Platymera gaudichaudii, Sterorhynchus debilis, Maiopsis panamensis, Stenoscionops ovata* y *Cancer johngarthi*) quienes aportaron el 70% del total de organismos registrados (Sánchez et al. 1997).

En la Ensenada de La Paz, en la zona del Conchalito, se identificaron dos especies del género *Callinectes*: *C. arcuatus* con 87.24 % del total y *C. bellicosus* 12.76 %, *C. arcuatus* es más abundante en agosto y presenta menor abundancia en diciembre y enero, mientras que *C. bellicosus* presenta la mayor abundancia en el mes de febrero y la menor en septiembre. La época de desove

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

de *C. arcuatus* se registra todo el año mientras que la de *C. bellicosus* es en noviembre y diciembre (Escamilla-Montes 1998).

En La Isla Gaviota Wright-López (1997) encontró diversos crustáceos del orden Brachiura, en colectores de semilla de madreperla *Pinctada mazatlanica*, como depredadores de ésta. De la familia Xantidae las especies *Pilumnus townsendi*, *Panopes purpureus*, *Eriphia squamata*, *Leptodius occidentalis*, *Eurytium affine*; de la familia Portunidae a *Portunus xantusii* y de la familia Grapsidae a *Tetragrapsus souyi*. Otro artrópodo que actúa como competidor de fijación para *Pinctada mazatlanica* y para muchos organismos bentónicos es el balano común *Balanus trigonus*. Si consideramos la fauna que actúa como epibionte en un colector, puede verse que el índice de riqueza específica de Margaleff muestra poca variación en el ciclo anual, con mínimos de 1.5 y máximos de 4 a 4.5 (Wright-López 1997).

En la Bahía de La Paz se han registrado al menos 53 especies de crustáceos decápodos (Villalobos-Hiriart et al. 1989) (ver Anexo, lista de especies), entre ellos hay que destacar al cangrejo de rocas *Grapsus grapsus*, el camarón común *Penaeus californiensis*, *Penaeus vannamei*, *Penaeus brevirostris* al violinista que vive en los manglares *Uca princeps, Uca crenulata* y *Uca musica*, a los comensales de la madreperla *Pontonia margarita*, y otros cangrejos que viven en las raíces de los mangles como *Upogebia dawsoni, Upogebia thistlei*, al cangrejo que vive en el sargazo *Thor algicola,* al comensal del coral *Axius vivesi*, y al comensal de bivalvos *Pinnotheres* sp.

En El Mogote se han registrado las siguientes especies (Seinbeck y Rickets 1941, Rodríguez de La Cruz 1967, 1987): *Pontonia pinnae, Clibanarius panamensis, Petrochirus californiensis, Pagurus lepidus, Petrolisthes armatus, Polyonyx quadriungulatus, Podochela latimanus, Pitho picteti, Mithrax dentuculatus, Teleophrys cristulipes, Microphrys platysoma, Callinectes arcuatus, Cataleptodius occidentalis, Pilumnus townsendi, Uca princeps, Uca musica*.

2.3.4.5.2 Especies relevantes

Las especies más importantes en la bahía desde el punto de vista pesquero son las jaibas *Callinectes arcuatus* y *Callinectes bellicosus*, y la langosta azul (*Panulirus inflatus*). No hay especies mencionadas en la NOM-059-ECOL-2001 o en CITES registradas en el área de estudio.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

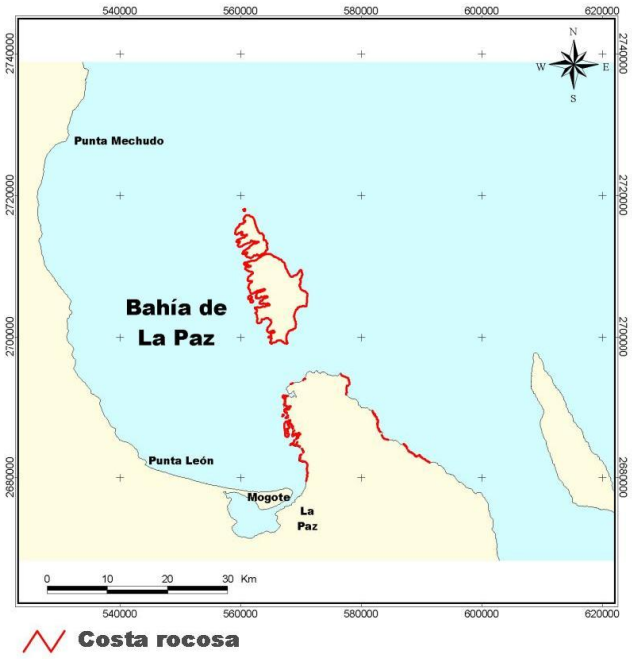


Figura 2-3. Localización de costa rocosa en la Bahía de La Paz, en donde se encuentran los arrecifes coralinos, y la fauna asociada como equinodermos y peces de arrecife.

2.3.4.6 Moluscos

2.3.4.6.1 Dominancia, diversidad y distribución

Este grupo taxonómico es particularmente diverso en El Mogote, se encuentran bien representadas 2 clases (Bivalvia y Gasterópoda), aunque en el lugar se hallaron restos sin vida o moribundos del calamar gigante común *Dosidicus gigas* (Clase Cephalopoda) que año con año, durante el verano, después de reproducirse muere y se vara en las costas de la bahía, incluyendo la zona arenosa del norte de El Mogote. Otro cefalópodo cuyo rastro es detectable en el mogote es el llamado nautilus de papel o *Argonauta nouryi*, *A. pacificus* y muy raramente *A. argo*, cuyas conchas nidamentales producidas por la hembra son arrastradas por las corrientes y depositadas en la zona noroeste de El Mogote entre marzo y junio. Otros cefalópodos registrados en la Bahía de La Paz son *Octopus digueti*, común sólo en la ensenada, y *Octopus hubbsorum*, común en la bahía pero ausente en la ensenada. La tanatocenosis (es decir, restos sin vida de algún organismo) no fue analizada pero dentro de ella se encontraron esporádicamente conchas de un escafópodo (probablemente *Dentalium semipolitum*) (Clase Scaphopoda), sin embargo en la biocenosis no se encontró vivo uno solo de ellos.

En la bahía se han encontrado alrededor de 306 especies, de las que 120 son de bivalvos, 173 de gasterópodos, ocho de cefalópodos, tres de poliplacóforos y dos de escafópodos (Holguín-Quiñónez y García-Domínguez 1997). En el complejo insular Espíritu Santo y zonas de fondo rocoso al sureste

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

de la bahía, destacan dos especies de bivalvos: *Pinctada mazatlanica* (citada en la NOM-059-ECOL-2001 (Pr)) y *Pteria sterna*, conocidas como ostra perlera y concha nácar, de gran importancia económica y de antigua tradición para el estado de Baja California Sur. Las poblaciones de madre perla (*Pinctada mazatlanica*) se encuentran en el flanco Oeste de la Isla Espíritu Santo (Ensenada Grande, El Cardonal, El Candelero, La Ballena, El Gallo, La Gallina, Bahía San Gabriel y alrededor de Los Islotes) (Ovalle-Serafín 1997). En la zona Este del complejo insular es muy escasa aunque de talla grande.

La concha nácar arcoiris (*Pteria sterna*) se encuentra en el tercio suroeste del Golfo de California a profundidades de entre 8 a 18 m y hasta 60 m, es frecuente en ambientes de gravilla, arena gruesa y restos de origen madrepórico (Holguín-Quiñónez y García-Domínguez 1997), *Pinctada mazatlanica* se encuentra en la categoría de Sujetas a Protección Especial (Pr), en veda de pesca. Otras especies de moluscos consideradas con protección especial (Pr) en la NOM-059-ECOL-2001 son: *Spondylus calcifer* (almeja burra), *Crucibulum scutellatum* (caracol gorrito), *Tivela stultorum* (almeja pismo*)* y *Purpura pansa* (caracol de tinta) (Programa de Manejo Complejo Insular del Espíritu Santo, 2000). Ningún ejemplar de estas especies fue encontrado en los muestreos realizados en el Mogote.

A modo de comparación, en Balandra (zona de influencia oceánica y de costa arenosa y rocosa) se identificaron 678 individuos, 593 bivalvos pertenecientes a 36 especies, 11 familias y 4 órdenes y 85 gasterópodos pertenecientes a 6 especies, 4 familias y 4 órdenes. Los altos valores de abundancia de organismos se observaron en las estaciones cercanas a la boca de la laguna, cuyo sedimento principal fue de arena muy fina (0.125 mm). La clase bivalvia fue la dominante en la caleta de Balandra, en la que *Lucina prolongata* presentó la mayor abundancia, sin embargo *Divalinga eburnea* y *Tellina felix* fueron las especies dominantes en verano e invierno respectivamente. Los resultados de componentes principales mostraron que el sedimento fue el principal factor limítrofe en la distribución de los organismos, de manera específica la arena gruesa, arena media y muy fina. De acuerdo con su ubicación los moluscos encontrados pertenecen a tres provincias: Oregoniana, Californiana, y Panámica; son consideradas como especies templadas, subtropicales y tropicales, presentando características de ambientes euritérmicos y euhalinos (Domínguez-Orozco 1996).

En El Mogote en total se encontraron 70 especies de moluscos, pertenecientes a 26 Familias y a 8 Ordenes, dentro de las Clases Bivalvia y Gasterópoda (ver anexo). Se encontraron un total de 1 065 bivalvos y 635 gasterópodos. Las familias mas representativas fueron Veneridae (Bivalvia), con 563 individuos colectados, seguida de Donacidae (268 individuos) y Turridae (Gasterópoda, 243 individuos). Otra familia que destacó por su abundancia fue Potamididae, con 98 individuos de una sola especie (*Cerithidea montagnei*).

La comunidad de moluscos bentónicos en El Mogote está dominada principalmente por dos especies: *Chione californiensis* (almeja roñosa) y *Crassispira cerithoidea*, con mas de 250 individuos cada una, seguida por un grupo de especies que oscilan entre 105 y 156 individuos cada una: *Donax navicula* (almeja común de playa arenosa), *D. californicus*, *Tivela byronensis* (almeja blanca enana), *Cerithidea montagnei*, *Laevicardium elenense* y *Transennella modesta*. Existe un tercer grupo de 11 especies cuya abundancia es baja, entre ellas destaca por su importancia *Dosinia ponderosa* (almeja blanca, 17), *Argopecten ventricosus* (catarina, 26), *Polinices* sp. (caracol carnívoro, 27) y *Oliva incrassata* (31). El resto de las especies encontradas presentaron una abundancia de entre 1 y

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

6, y destacan por su importancia para la zona *Tagelus californianus* (6), *Megapitaria squalida* (chocolata, 4), *Anadara multicostata* (pata de mula, 3) y diversas especies de *Oliva* y *Olivella* que son usadas a menudo como ornamento por los pobladores de la zona, así como varias especies de *Polinices*, que son caracoles llamativos para el mismo propósito. Por otro lado destaca el ostión de mangle *Saccostrea palmula*, que habita en grandes números en las raíces de los mangles en la costa sur de El Mogote. La distribución de las comunidades y por lo tanto la diversidad no fue igual a lo largo de los puntos de muestreo (Fig. 2-4).

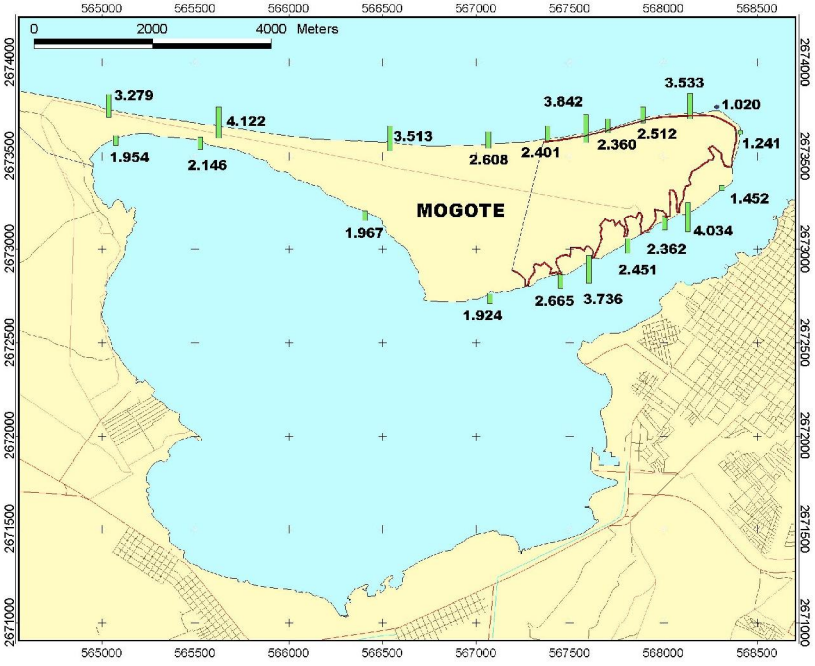


Figura 2-4. Indice de diversidad de Shannon-Wiener en los lugares de muestreo en El Mogote.

La diversidad total fue de 4.126 (con una diversidad máxima de 6.129). La mayor diversidad se presentó en el transecto número 2 (4.122) y en el transecto 7 (4.034), mientras que la menor diversidad se presentó en los transectos 10 y 11 (1.020 y 1.241 respectivamente, Fig. 2-4).

La distribución de las especies dominantes está limitada principalmente por el tipo de sustrato, de este modo tenemos que la familia tellinidae (*Strigilla costurifera*) y turridae (*Crassispira cerithoidea*) se encuentran al Sureste de El Mogote, en donde predomina sustrato de arena fina y limo, mientras que los organismos pertenecientes a la familia cardidae se encuentran del lado Este y Suroeste de El Mogote, es decir, que soportan bien el sustrato mas fino del sur, y el mas grueso del lado Este, aunque de arena fina principalmente (Fig. 2-5). Los venéridos (*Chione* sp., *Megapitaria* sp.) se encuentran a lo largo de toda la costa, demostrando que pueden vivir en condiciones de arena fina a arena fina con limo, mientras que los donácidos (*Donax* sp.) solo se observan del lado norte de El Mogote.

Chione californiensis no habita sitios con altas concentraciones de materia orgánica y se encuentra en todo el piso mediolitoral, independientemente del tipo de sedimento. La mayor densidad se

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

encuentra en el horizonte mediolitoral medio y disminuye hacia los horizontes mediolitoral superior e inferior (García-Domínguez 1991). La mayor abundancia fue en fondos de arena-limo y disminuyó al cambiar gradualmente la composición de los sedimentos tanto hacia arena-limo-arcilla como hacia arena. En fondos de arena-limo y de arena *C. californiensis* fue la especie dominante. La distribución por tallas no fue influenciada por el tipo de sedimento excepto en los fondos de arena sin limo donde el tamaño de las almejas es mayor. La distribución espacial horizontal dependió de la densidad: agregada a densidades altas, uniforme a densidades medias y al azar a densidades bajas. El grado de afinidad entre estaciones esta relacionado con el tipo de sedimentos. En los lugares con alto contenido de materia orgánica no se encontraron moluscos.

En los fondos con sustrato arenoso que se localizan en la zona del canal y en la parte extrema este de El Mogote se presentan fuertes corrientes de marea, dado que se trata de la comunicación entre la bahía y la ensenada, dominan en la parte sublitoral a pocos centímetros bajo la arena los gasterópodos *Natica*,y *Polinices*. En esta zona también es abundante la almeja roñosa *Chione californiensis* y se presentaron las almejas navaja *Solen rosaceus* y *Ensis californicus*.

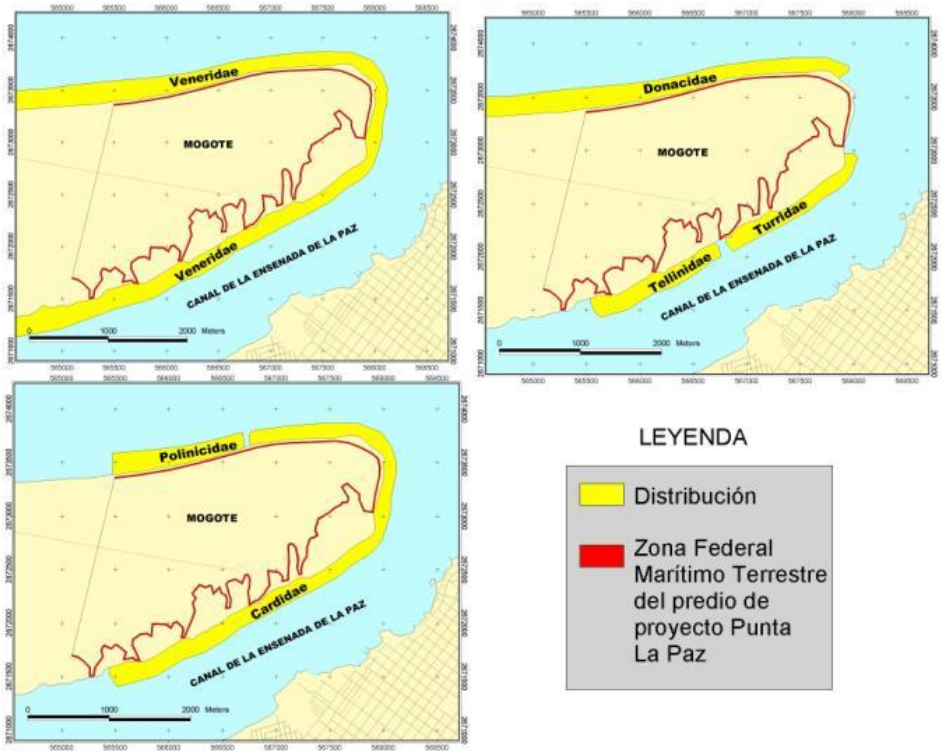


Figura 2-5. Distribución de las familias dominantes de moluscos encontradas en el Mogote.

En el área de manglares al sur de El mogote, predomina el sustrato de arena-limo y abundan *Chione californiensis*, *Solen rosaceus* y los gasterópodos *Nassarius* y *Natica*. Asociados al hábitat del manglar, entre las raíces, donde existe un sustrato fangoso blando con gran cantidad de detritus orgánico, abundan gasterópodos como *Cerithidea montagnei* (Potamididae) y unos pocos *Cerithium* sp. Sobre las raíces del mangle predomina el artrópodo *Balanus* sp. y gran cantidad de pequeños ostiones comestibles, denominados ostión de mangle (*Saccostrea palmula*). En esta comunidad

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

también abunda *Anadara multicostata* (pata de mula pequeña), y en la zona submareal abundan las jaibas *Callinectes* sp.; también es posible observar algunos cangrejos *Pachigrapsus* sp. y multitud de pequeños cangrejos violinistas *Uca* sp.

Aunque existe mayor diversidad en la costa sur de El Mogote, existe la limitante de las condiciones prevalecientes, sustratos compuestos por arena y limo, además de que no hay sustratos sólidos que permitan una protección permanente, por lo que prevalece fauna adaptada a este hábitat.

2.3.4.6.2 Especies relevantes

La zona norte de El Mogote, al ser un lugar expuesto a la bahía y a las corrientes que prevalecen en ella, es un lugar en el que se varan multitud de restos tanto orgánicos como inorgánicos. El calamar *Dosidicus gigas* se reproduce en aguas profundas y muere después, de manera que los cuerpos muertos o moribundos de miles de calamares se varan en las playas norte de El Mogote y zona este de la bahía todos los años, entre mayo y agosto. Otro pelágico que resulta de interés es el nautilus de papel *Argonauta*, de distribución cosmopolita, cuya hembra fabrica una concha donde deposita los huevos. Esta concha es encontrada con cierta regularidad (finales de marzo y principios de abril) en la costa noroeste de El Mogote.

En las muestras obtenidas se encontraron varias especies económicamente relevantes por el uso que se les da, tal es el caso de *Megapitaria squalida* (almeja chocolata), *Anadara multicostata* (pata de mula), *Argopecten ventricosus* (almeja catarina), *Tagelus californianus* (almeja navaja), *Chione californiensis* (almeja roñosa), *Dosinia ponderosa* (almeja blanca). Aunque son especies de interés comercial, su abundancia no permite una explotación a gran escala. Estas especies son capturadas en la zona de modo artesanal a muy baja escala y son usadas como alimento.

No se encontraron especies endémicas en la zona de estudio, aunque ciertas especies son típicas de la Provincia Californiana (ver Figs. 2-6 y 2-7), tales como *Chione californiensis, Argopecten ventricosus, Donax californicus, Trachicardium panamense, Tagelus californianus, Dosinia ponderosa, Megapitaria squalida.* En los muestreos no se encontraron ejemplares de especies citadas en la Norma Oficial Mexicana del 2001 (NOM-059-ECOL-2001), sin embargo las especies *Pinctada mazatlanica* (madreperla), *Crucibulum scutellatum* (caracol gorrito), *Purpura patula pansa* (caracol de tinta), *Tivela stultorum* (almeja Pismo) y *Spondylus calcifer* (almeja Burra) se encuentran presentes en la Bahía de La Paz, y están enlistadas en la Norma Oficial Mexicana 059-2001 bajo la categoría de Protección especial Pr.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!



a) ***Tivela stultorum,*** almeja pismo, cortesía de Tripp-Quesada



b) ***Pinctada mazatlanica,*** madreperla, cortesía de Tripp-Quesada

Figura 2-6. Almeja pismo y madreperla, dos especies citadas en la NOM-059-ECOL-2001 en categoría de protección.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

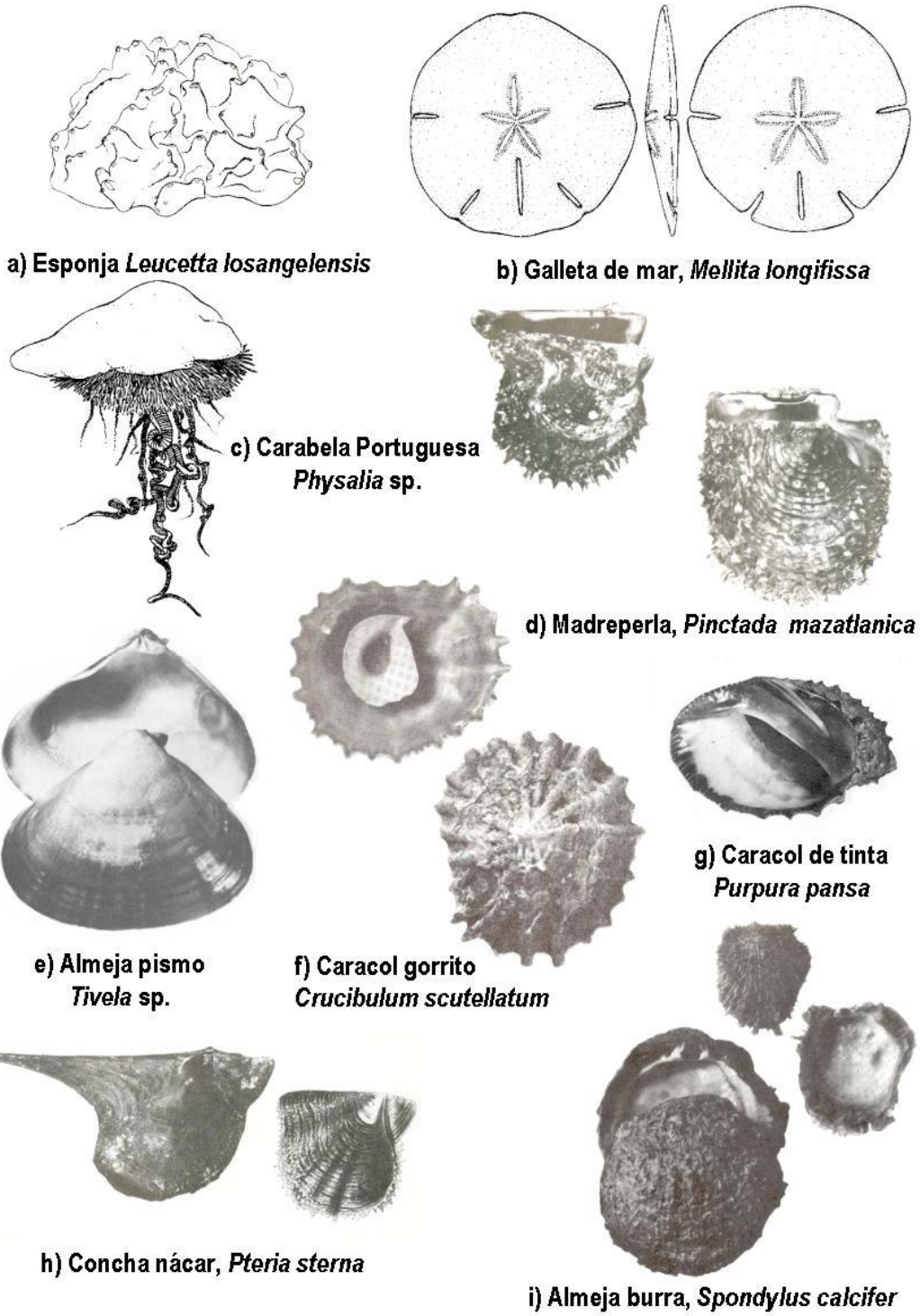


Figura 2-7. Especies representativas de algunos invertebrados, moluscos incluidos en la NOM-059-ECOL-2001, cortesía de Brusca 1980.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!



a) *Argonauta nouryi,* cortesía de Gustavo de La Cruz y Federico García Domínguez



b) *Isostichopus fuscus,* cortesía de Greenpeace.com

Figura 2-8. a. *Argonauta nouryi*, especie cosmopolita cuya concha nidamental puede observarse en las playas de El Mogote anualmente, b. *Isostichopus fuscus* o pepino de mar común.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

2.3.5 Peces

2.3.5.1 Dominancia, diversidad y distribución

En la Bahía de La Paz se han registrado un total de 390 especies de peces, en 250 géneros y 106 familias, las mejor representadas son Serranidae (24 especies), Gobiidae (22), Carangidae (18), Haemulidae (15), Labrisomidae (12) y Scianidae (11) (Abitia-Cárdenas et al. 1994). Por lo menos una tercera parte de estas especies pertenecen a la comunidad de peces de arrecife que en sí misma es muy diversa, hay un total de 75 especies en 57 géneros y 30 familias (Pérez-España et al. 1996), las especies más abundantes son *Stegastes* spp., *Thalasoma lucasanum*, *Abudefduf troscheli*, *Chromis atrilobata*, *Canthigaster punctatissima* y *Haemulon maculicauda*. Se ha visto que la familia Pomacentridae representa el 51% de la abundancia de los peces de arrecife. En la Bahía de La Paz (en zonas de costa rocosa y en la Isla Espíritu Santo) se observó la mayor riqueza específica de peces de arrecife en verano y otoño (t= 2.6), la diversidad (H´) varía a lo largo del año, en verano fue de 2.4 y en invierno 2.1 (Pérez-España et al. 1996).

Los valores de diversidad registrados en red charalera fueron más bajos que los obtenidos por la red agallera, lo que se le atribuye a la dominancia muy alta de algunas especies capturadas con la red charalera. La diversidad de Shannon-Wiener tiende a estar inversamente relacionada a la abundancia, dado que la dominancia numérica aumenta en unas pocas especies. Margaleff (1982) ha señalado que en la captura de peces la diversidad aumenta ligeramente con el tamaño de la malla de la red, dado que las redes de malla grande dejan escapar una porción de los individuos de las especies pequeñas, que suelen presentar un gran número y ser dominantes y retiene individuos de especies de talla mayor.

Con la red agallera, la diversidad general por localidades muestra que en la parte occidental de la bahía los valores de diversidad disminuyen hacia la parte interna de la misma, y aumentan en el interior de la ensenada, con el valor más alto en el Malecón y disminuye de nuevo hacia las localidades de la isla Espíritu Santo. Con la red charalera, la diversidad analizada de forma general por localidades, muestra una tendencia a disminuir hacia el interior de la bahía, y en la parte de San Juan de La Costa presenta el valor más alto, y disminuye hacia el Malecón con el valor mas bajo.

Aunque los valores de diversidad sean semejantes entre algunas localidades, la composición y distribución de las abundancias de las especies difiere en los distintos ambientes.

En la zona de la entrada a la Ensenada de La Paz, Balart y colaboradores (1997) registraron de 48 a 96 especies durante 1978, y entre 39 a 88 especies durante el periodo 1982-1983. Se observó un claro patrón estacional, con máximos en los meses cálidos (junio a septiembre) y mínimos en los mas fríos (diciembre a septiembre). El mismo comportamiento de riqueza específica fue detectado, en general, en todas las estaciones en ambos periodos de estudio, sin embargo la contribución de cada estación fue diferencial. Las estaciones con mayor riqueza específica fueron la I (Pichilingue), VII (frente a la descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales) y II (Bahía Falsa) (76, 53 y 59 especies, promedio 33.7, 30.56 y 25.5 respectivamente) y las mas pobres en riqueza específica

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

fueron la IX (Estero de Zacatecas), V (Frente al Esterito) y IV (Coromuel) (23, 32 y 44 especies, promedio de 13.8, 16.8 y 20.3 de riqueza específica respectivamente, Fig. 2-7).

El índice de diversidad de Margaleff (que da mayor peso a la equidad específica) fluctuó entre 5.54 a 11.61, el comportamiento de estos valores fue similar al de la temperatura, con máximos entre junio y septiembre y mínimos entre noviembre y febrero. De manera individual cada estación de muestreo mantuvo la misma tendencia en ambos periodos, sin embargo en marzo se presentó una tendencia hacia altos valores en el índice de Margaleff en las estaciones fuera de la ensenada (estaciones I 6.54; II 5.24; III 4.79, en el este de la bahía) (Balart et al., 1997).

En la zona del canal entre el Mogote y el Malecón, cerca del CICIMAR, entre junio y septiembre, las especies de peces más abundantes fueron *Sphoeroides* sp. (30%), *Paralabrax maculatofasciatus* (26%), *Etropus crossotus* (9%) y *Orthopristis chalceus* (9%); en biomasa fueron *Paralabrax maculatofasciatus*, *Diodon holocanthus*, *Synodus scitulicens* y *Orthopristis chalceus*. Anualmente, las especies más abundantes fueron *Paralabrax maculatofasciatus* (26%), *Daipterus peruvianus* (19%), *Achirus mazatlanus* (16%), *Orthopristis chalceus* (6.4%), *Synodus scituliceps* (4.9%), *Eucinostomus gracilis* (3.4%) y *Sphoeroides annulatus* (2.7%); en biomasa las especies más abundantes anualmente fueron *Paralabrax maculatofasciatus* (20%), *Achirus mazatlanus* (11%), *Urobatis halleri* (9%), *Gymnura marmorata* (8.4%), *Synodus scituliceps* (8%), *Diapterus peruvianus* (6.8%) y *Sphoeroides annulatus* (5%). el valor biológico de Sanders mas alto lo presentaron *Paralabrax maculatofasciatus* y *Achirus mazatlanus* (Galván-Piña 1998).

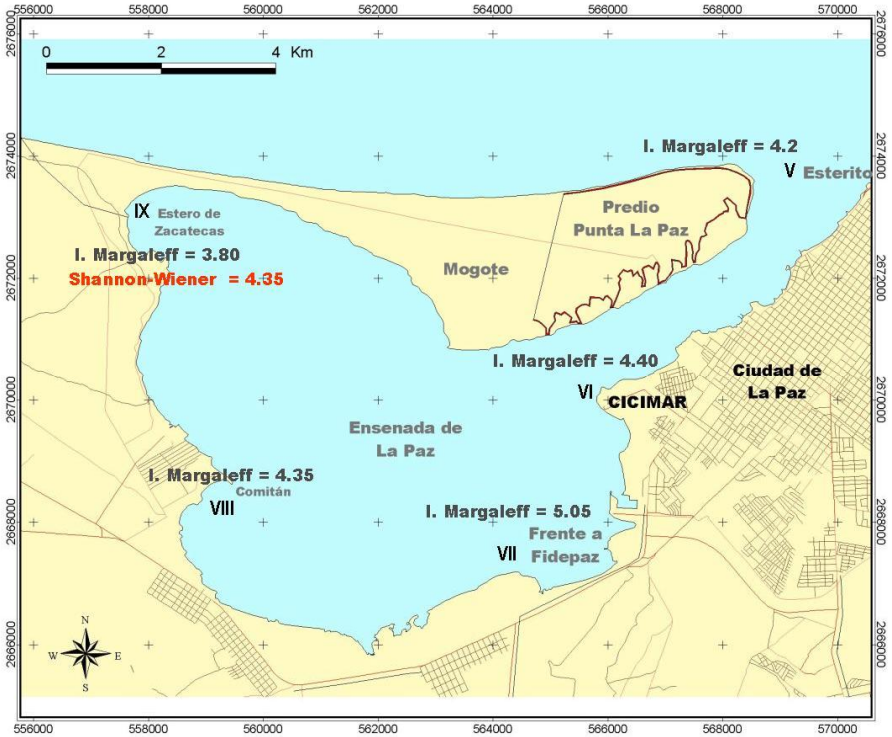


Figura 2-9. Localización de las estaciones de muestreo V, VI, VII, VIII y IX, en la Ensenada de La Paz para la captura de peces, con chinchorro playero (modificado de Balart et al., 1997).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

El número de individuos registrado mensualmente fue de 958 a 1795. El patrón de comportamiento fue similar en ambos periodos, con máximos en los meses cálidos y mínimos en los fríos. La densidad en la mayoría de las estaciones siguió la misma tendencia. Las familias dominantes fueron Gerreidae, Clupeidae, Engraulidae y Mugilidae (Fig. 2-8), mientras que el grupo de Scianidae, Pilynemidae, Paralychthidae y Cynoglossidae constituyeron el grupo no dominante mejor representado. Hay que destacar que la mayoría de las especies dominantes son de tipo eurihalino, que soportan adecuadamente el amplio intervalo de salinidad registrado en la bahía y la ensenada.

En la Ensenada de La Paz, cerca del estero El Conchalito, la composición de la comunidad quedó representada por un total de 42 especies, agrupadas en 33 géneros y 21 familias. La mayor riqueza específica se presentó en verano con 21 especies y la menor en invierno con solamente 13 especies. La diversidad de Shannon-Wiener presentó su valor mas alto en otoño (2.7 bits/ind), lo que contrastó con la mínima en verano (1.28 bits/ind). De acuerdo con el Índice de Valor Biológico de Sanders (que hace referencia a la dominancia), la comunidad estuvo dominada en densidad por *Eucinostomus currani* (21.9%) y en biomasa por *Sphoeroides annulatus* (14.7%) y *Diapterus peruvianus* (13.6%). La comparación realizada entre las comunidades de peces recolectadas con chinchorro y la red agallera, permite establecer la clara incursión al estero El Conchalito por especies habitantes del resto de la laguna (González-Acosta 1998).

La composición y abundancia de la comunidad, se presentó bajo un claro patrón estacional que pone de manifiesto la influencia de la variabilidad ambiental sobre la comunidad y el uso que las especies hacen de este sitio en función de sus características bioecológicas, así es como el manglar tiene importancia en el sustento de los recursos pesqueros y de los ecosistemas de la Ensenada y Bahía de La Paz.

Las comunidades de peces dentro de la Bahía de La Paz comprenden un gran número de especies de arrecife. El tipo de arrecife que se presenta en el Golfo de California es de tipo rocoso, y favorece la presencia de organismos de las provincias Californiana y Panámica y de la región Indopacífica, esto da como consecuencia que la diversidad de peces de arrecife sea elevada. En la región de la Bahía de La Paz se han registrado 186 especies de peces de arrecife, las que representan el 68.6% de las especies de peces de arrecife de todo el Golfo de California (Thomson et al. 1979). En la región que comprende las Islas de la Bahía de La Paz (Los Islotes, La Ballena, El Gallo, La Gallina, Cerralvo y San Francisquito) se han registrado un total de 101 especies de peces de arrecife agrupados en 40 familias.

Estas especies pueden separarse en cuatro grupos principales: territorialistas (34 especies), móviles permanentes (44 especies), visitantes (15 especies) y estacionales (4 especies) (Sánchez-Ortíz et al. 1997).

De acuerdo con la abundancia, se distinguieron cuatro categorías: raras (51 especies), frecuentes (24 especies), comunes (21 especies) y abundantes (cinco especies). 33 especies fueron registradas en todos los lugares de muestreo, por lo que pueden ser consideradas como típicas para la región de La Paz: *Gymnothorax castaneus, Fistularia commersonii, Sargocentron suborbitalis, Epinephelus labriformis, Epinephelus panamensis, Paranthias colonus, Myctoperca rosacea, Lutjanus argentiventris, Haemulon sexfasciatum, Mulloidichthys dentatus, Pomacanthus zonipectus,*

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Holacanthus passer, Johnrandallia nigrirostris, Stegastes rectifraenum, Stegastes flavilatus, Abudefduf troschelii, Chromis atrilobata, Chromis limbaughi, Cirrhitichthys oxycephalus, Halichoeres dispilus, Halichoeres nicholsi, Thalassoma lucasanum, Bodianus diplotaenia, Scarus perrico, Scarus compressus, Scarus rubroviolaceus, Scarus ghoban, Crocodilichthys gracilis, Elecantinus punticulatus, Prionurus punctatus, Sufflamen verres, Canthigaster punctatissima, Diodon holocanthus.

El lugar con mayor número de especies fue Los Islotes (84 especies), seguido de Las Animas (60). De acuerdo con las características del ambiente y las especies que se presentan en él, se puede decir que se divide en ambiente oceánico y ambiente protegido. El ambiente oceánico agrupa a Cerralvo, Los Islotes, Las Animas, El Bajo y San Dieguito y presentan las especies en común: *Forcipiger flavissimus*, *Microspathodon bairdi, Zanclus cornutus* y *Arothron meleagris*. El ambiente protegido corresponde a las islas internas de la Bahía de La Paz que son La Gallina, El Gallo y La Ballena y las localidades de San Francisquito y Ensenada Grande, las especies representativas son *Heteroconger digeti*, *Myripristis leiognathus*, *Alphestes immaculatus, Serranus psittacinus, Lutjanus viridis, Rypticus bicolor*, *Haemulon* maculicauda, *Chaetodon humeralis* y *Thalassoma grammaticum*.

Las especies raras como *Antenarius avalonis*, *Hippocampus ingens* y *Opistognathus rosenblatti* se encuentran en refugios pequeños donde se protegen, consiguen alimento, se reproducen y efectúan comportamientos de territorialidad, son solitarios y considerados como especies crípticas (de escondite). Las especies frecuentes y comunes como *Holacanthus passer*, *Johnrandallia nigrirostris*, *Sufflamen verres* y *Mulloidichthys dentatus* son más conspicuas, forman pequeños grupos para la búsqueda de alimento. Las especies abundantes son aquellas que forman cardúmenes como *Chromis atrilobata*, *Paranthias colonus, Lutjanus argentiventris* y *Haemulon maculicauda*, se les puede encontrar en diferentes zonas del arrecife y su comportamiento gregario sirve de protección a los depredadores y les facilita la alimentación. La Isla Cerralvo presenta la mayor frecuencia de especies provenientes del Indopacífico como *Anisotremus taeniatus, Scarus rubroviolaceus, Acanthurus xanthopterus* y *Acanthurus triostegus* (Sánchez-Ortíz et al. 1997).

Con respecto a los tiburones, a pesar de que se conoce poco sobre el papel que estos juegan en los ecosistemas, la gran mayoría son depredadores oportunistas que ocupan los niveles superiores de las cadenas alimenticias, actuando como denso-reguladores de poblaciones. Este recurso siempre ha sido de interés para las pesquerías y son varios los productos que del se extraen además de su carne.

Los tiburones se caracterizan por presentar bajos potenciales reproductivos, tasas de crecimiento lentas y una madurez sexual tardía; considerando además el reclutamiento de neonatos a diversas pesquerías ribereñas, es lógico señalarlos como altamente vulnerables a la explotación.

En lo que respecta a vulnerabilidad, en la Bahía de La Paz los grupos de tiburones presentaron cambios significativos e inmediatos a partir de altos niveles de explotación. También se ha encontrado que grupos de tiburones originalmente explotados muestran una mayor capacidad de resistir incrementos en la tasa de explotación y requirieren un tiempo menor para recuperar sus niveles originales de biomasa. Asimismo se observa que conforme aumenta el esfuerzo de pesca, los atributos relacionados con estructura y estabilidad reducen su influencia, volviéndose mas

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

significativos para el ecosistema aquellos asociados a la productividad, consumo y flujos (García-Gómez 2000).

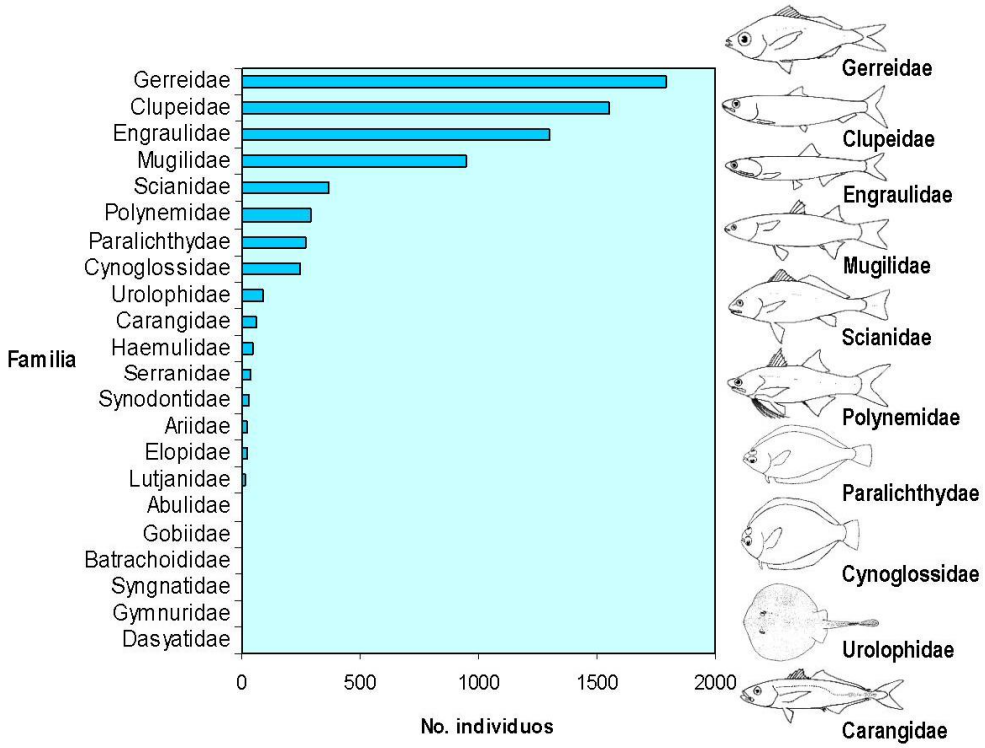


Figura 2-10. Abundancia (número de individuos) de peces por familia, capturados con chinchorro playero de 10 m longitud y 2 m de ancho, con malla de 10mm, en la Ensenada de La Paz y la zona del Canal entre marzo de 1982 y enero de 1983 (modificado de Balart et al., 1997), a la derecha de la gráfica representantes de las diez familias más abundantes.

Dentro de la Bahía de La Paz se han encontrado 26 especies de condrícteos, de las que 16 son tiburones y las restantes son peces tipo raja (ver anexo de especies). El tiburón perro (*Heterodontus mexicanus*) aunque es capturada incidentalmente en las redes, no es aprovechada comercialmente y por lo regular son retornados al mar, esta especie es mas frecuente durante invierno-primavera.

El tiburón ballena (*Rhincodon typus*) tiende a concentrarse entre septiembre y octubre en el sur de la bahía, lugar en el que se han registrado o avistado hasta 14 individuos. El tiburón ballena es el pez mas grande que existe, puede llegar a medir hasta 18 m de longitud y es una especie poco conocida biológicamente, de hecho aun no se sabe si es vivíparo u ovovivíparo (Compagno 1984). Debido a que no se aprovecha su carne ni sus aletas ni se le captura, aunado a su carácter pacífico y a su tamaño, se ha convertido en atractivo turístico (Fig. 2-11).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

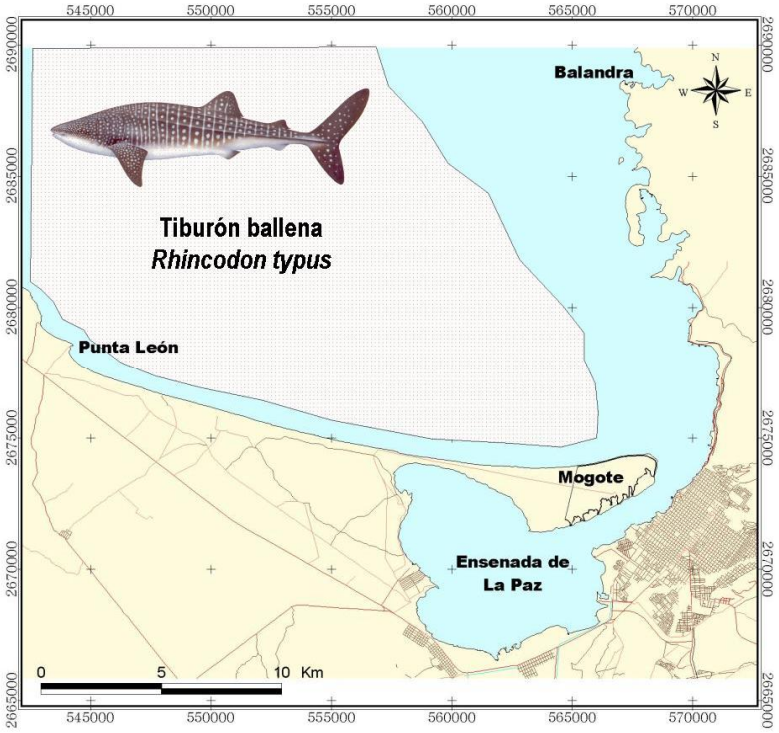


Figura 2-11. Distribución del tiburón ballena *Rhincodon typus* en el sur de la Bahía de La Paz.

Uno de los tiburones considerados como cazón es *Mustelus lunulatus*, es relativamente abundante en la bahía y se le ha encontrado cerca de Espíritu Santo y El Quelele. Se ha propuesto que en primavera la Bahía de La Paz es un sitio para la expulsión de neonatos de esta especie (Villavicencio et al. 1997). Otros tiburones capturados comercialmente en la Bahía de La Paz son el tiburón volador o sardinero (*Carcharinus limbatus*), el tiburón piloto (*Carcharinus falciformis*), el bironche (*Rhizoprionodon longurio*), tiburón azul (*Prionace glauca*) y las cornudas barrosa, arqueada y prieta o martillos (*Sphyrna lewini, Sphirna mokarran* y *Sphyrna zygaena* respectivamente).

Una característica importante de este grupo de especies y en general de los elasmobranquios es que se segregan por área entre jóvenes y adultos y entre machos y hembras, por esto es posible que su explotación en la bahía sea exclusivamente de jóvenes, dado que la pesquería incide siempre sobre tallas menores, o de alguno de los dos sexos que predomine en la captura (Villavicencio et al. 1997).

El comportamiento global de diversidad y abundancia siguió un patrón definido por la temperatura, los valores máximos ocurrieron en los meses cálidos y los mínimos en los meses fríos.

La disminución en la diversidad y abundancia desde Pichilingue hacia la ensenada parece estar asociada a dos factores, por un lado la cercanía con la ciudad de La Paz implica creciente accesibilidad a los pescadores, y por otro lado la superficie del área y el número de hábitat disponibles en cada lugar es diferente y decrecen en el mismo sentido (Balart et el., 1997).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

2.3.5.2 Especies relevantes

En la Bahía de La Paz destacan las especies que tienen importancia económica, como los pargos (*Lutjanus* spp.), pierna (*Caulolatilus princeps*), jurel (*Caranx hippos, Carangoides vinctus*), cabrillas (*Epinephelus analogus, Paralabrax maculatofasciatus*), cochi (*Balistes polylepis*), robalo (*Centropomus robalito, Centropomus nigrescens*), mojarra (*Diapterus* spp., *Eucinostomus* spp., *Eugerres* spp., *Gerres cinereus*), lisa (*Mugil cephalus*, *Mugil curema*), corvina (*Cynoscion* spp.), sardina (*Opisthonema libertate, Sardinops sagax*), lenguado, (*Achirus mazatlanus, Symphurus atricauda, Paralichthys spp.*), pámpano (*Trachinotus paloma*), tiburones, cazón, y rayas (*Heterodontus mexicanus, Squatina californica, Alopias* sp., *Isurus oxyrhynchus, Mustelus lunatus, Carcharinus falciformis, Carcharinus limbatus, Carcharinus obscurus, Galeocerdo cuvieri, Nasolamia velox, Prionace glauca*, *Rhizoprionodon longurio, Sphyrna lewini, Sphyrna mokarran, Sphyrna zygaena, Dasyatis brevis, Dasyatis longa*) entre otros.

De importancia turística se encuentra el tiburón ballena *Rhincodon typus*, cuyos avistamientos llaman la atención tanto a los científicos como a los turistas (Figs. 2-12 y 2-13).

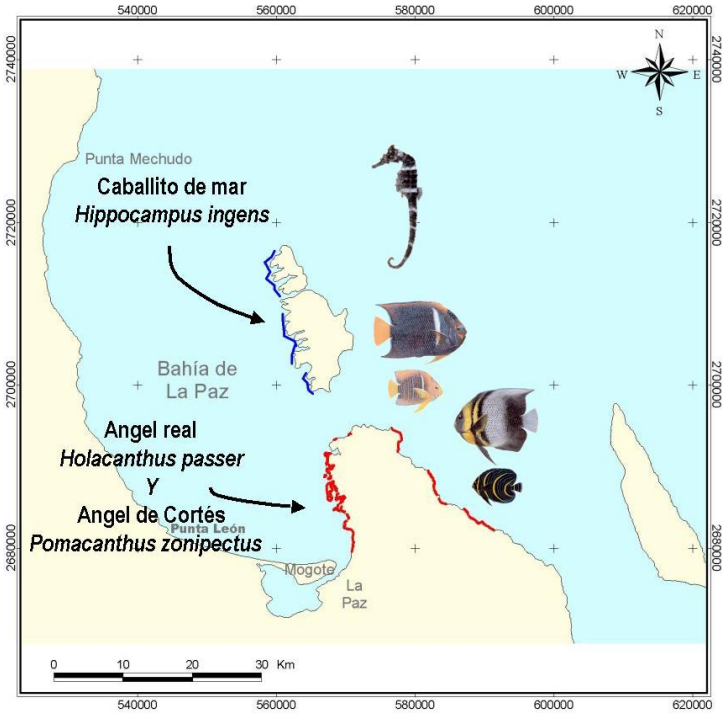


Figura 2-12. Distribución de las especies de peces presentes en la Bahía de La Paz citadas en la NOM-059-ECOL-2001 (excepto el tiburón ballena).

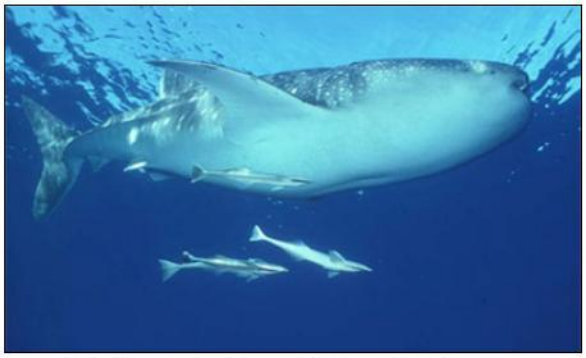
pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

Aunque no se encuentran en la proximidad de El Mogote, los peces de arrecife que se sitúan en las costas rocosas de la Bahía de La Paz y en los arrecifes representan en conjunto una comunidad frágil desde el punto de vista biológico. Las especies de peces presentes en la Bahía de La Paz que están citadas en la NOM-059-ECOL-2001 son *Hippocampus ingens* (caballito de mar, Pr), *Holacanthus passer* (ángel rey, Pr), *Rhincodon typus* (tiburón ballena, A) y *Pomacanthus zonipectus* (ángel de Cortés, Pr) (Fig. 2-13).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!



a) Tiburón ballena, *Rhincodon typus*



b) Tiburón ballena, *Rhincodon typus*



c) Caballito de mar, *Hippocampus ingens*



d) Angel real, *Holacanthus passer*
Cortesía de Goodson 1988



e) Angel de Cortés, *Pomacanthus zonipectus*
Cortesía de Goodson 1988

Figura 2-13. Especies de peces citadas en la NOM-059-ECOL-2001 que se encuentran presentes en la Bahía de La Paz.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

2.3.6 Mamíferos marinos

2.3.6.1 Dominancia, diversidad y distribución

Los cetáceos se encuentran clasificados taxonómicamente dentro del Orden Cetácea, el cual está dividido en dos subórdenes, 13 familias, 41 géneros y 80 especies. En México se encuentran representados dos subórdenes (100%); 7 familias (54%); 25 géneros (61%); y 39 especies (49% del total).

Tres órdenes de mamíferos se han adaptado a la vida marina a tal grado de especialización que son considerados como marinos: Sirenia, Cetácea y Carnívora (en parte). En la Bahía de La Paz existe una gran diversidad de mamíferos marinos. Se han registrado cuatro especies de carnívoros, el lobo marino común de California (*Zalophus californianus*, ver Fig. 2-17 d), que tiene una población permanente de aproximadamente 350 individuos en Los Islotes; hay observaciones esporádicas del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*, ver Fig. 2-17 e), de la foca común (*Phoca vitulina*) y de la foca elefante (*Mirounga angustirostris*) (Urbán-Ramírez et al. 1997). La colonia existente en Los Islotes de lobo marino de California es de gran interés debido a que se le considera como la lobera reproductora más sureña de la distribución de la subespecie.

En el área de la bahía se han observado siete de las 11 especies reconocidas de ballenas barbadas (misticetos) y 20 de las 68 especies reconocidas de cetáceos dentados (odontocetos). La riqueza específica en este lugar es de las mas altas en el mundo, hay especies que se observan durante todo el año (tursiones y rorcual común), especies que visitan la bahía como destino migratorio invernal (ballena jorobada y ballena azul), especies típicas de aguas tropicales (delfín tornillo y delfín de dientes rugosos) y especies típicas de aguas templado-frías (delfín de costados blancos, zífido de Baird) (Urbán-Ramírez et al. 1997).

Entre junio de 1988 y julio de 1991 se registraron seis especies de misticetos y seis de odontocetos dentro de la bahía; por su mayor abundancia relativa y presencia continua los odontocetos y el misticeto mas importantes de la comunidad de cetáceos son el delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*) y el tursión (*Tursiops truncatus*) así como el rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*) respectivamente (Flores-Ramírez et al. 1996).

La ballena azul (*Balaenoptera musculus,* ver Figs. 2-14 a y 2-15 a) es cosmopolita, con mayor densidad en aguas de alta productividad. En el Golfo de California se han registrado numerosos avistamientos entre Loreto y Los Cabos. Se le puede observar en la Bahía de La Paz entre enero y mayo (Gendron 1993, Flores–Ramírez et al. 1996). Esta ballena ha reducido su población debido a que fue explotada intensamente en todo el mundo. En el Pacífico Norte, de un número original de 4900 ballenas, se estiman en la actualidad entre 1500 y 1700 individuos. Esta especie se encuentra en la categoría de “en peligro” para la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Klinowsaka 1991).

El rorcual común o ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*, ver Figs. 2-14 a y 2-15 d) también es cosmopolita, aunque prefiere zonas templado-frías. Existe una población de esta especie residente

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

dentro del Golfo de California, aunque no hay registros de esta especie en la Boca del mismo (Urbán 1996). La abundancia de esta especie dentro del golfo varía enormemente año con año, probablemente debido a la disponibilidad de alimento, y aunque hay registros durante todo el año, son mas frecuentes durante invierno y primavera en la región central y noroeste de la bahía. Se ha sugerido que la población que reside en el Golfo de California está aislada de las del Pacífico, consta de mas de 500 individuos, y está en la categoría de "Vulnerable" para la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Klinowsaka 1991).

2.3.6.2 Especies relevantes

La llamada ballena de Sei o rorcual de Sei (*Balaenoptera borealis*, ver Figs. 2-14 a y 2-16 a) habita principalmete en aguas frias y templadas de la plataforma continental. Dentro del Golfo de California sólo se le ha registrado cuatro veces, todos durante el invierno, uno al norte de Isla del Carmen, dos cerca de Los Islotes en la Bahía de La Paz y uno en Bahía de Banderas, Nayarit. Se estima una población actual de 14 000 individuos, cuando la población original era de 63 000 ballenas en el Pacífico Norte. Está en la categoría de "Vulnerable" para la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Klinowsaka 1991).

El rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*, ver Fig. 2-14 a) habita exclusivamente aguas tropicales y subtropicales (Cummings 1985), es frecuente durante el verano y otoño en la región de las Grandes Islas, particularmente en Canal de Ballenas, en aguas cercanas a Loreto y en la Bahía de La Paz (Gendron 1993) aunque hay registros hasta la región de Los Cabos y Bahía Banderas, Nayarit. Al igual que el rorcual común, el rorcual tropical varia mucho su presencia a través de los años, aunque dentro de la bahía su distribución es más amplia que la de otros rorcuales. Esta especie fue capturada por balleneros noruegos entre 1913 y 1935 (Rice, 1974).

Dentro del Golfo de California se ha estimado una población de cerca de 400 individuos (Gerrodette y Palacios 1996), y dentro de la Bahía de La Paz, utilizando la foto identificación de la aleta dorsal de los animales marcados y modelos probabilísticos, el estimado fue de 235 ballenas con un intervalo de confianza de 173 a 327 ($p<0.05$). Se volvieron a observar dos ejemplares entre Bahía de los Ángeles, B.C. y Bahía de La Paz, uno visto en Bahía de los Ángeles en 1983 y vuelto a ver en Bahía de La Paz en 1989, y otro visto en Bahía de los Ángeles en 1986 y vuelto a ver en Bahía de La Paz en 1990. Este último identificándose como hembra por la presencia de cría en ambos años. Esto sugiere que en el Golfo de California existe una sola población que se distribuye en forma de agregaciones estacionales (Chávez-Rosales 1995).

Otra especie importante es la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae,* ver Fig. 2-14 a y 2-15 c), habita en todos los océanos del mundo, en el Golfo de California se han realizado algunos registros durante las cuatro estaciones del año, lo que sugiere que algunos individuos permanecen dentro del golfo y no migran hacia aguas frías del Pacífico Norte.

En la Bahía de La Paz, principalmente en la región central, se les ha observado con frecuencia entre invierno y primavera. Realizan una larga migración desde sus áreas de alimentación, en Alaska a California Central, para reproducirse en el Pacífico mexicano y centroamericano durante el invierno y

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

principios de primavera. Es común observar grupos de madre con cría y escolta, que se cree que es un macho adulto.

El número de poblaciones se redujo sustancialmente debido a la intensa caza a la que se vieron sometidas. En el Pacífico Norte, de una población estimada en 15 000 individuos, disminuyó a poco mas de 1 000 para 1965 (Rice 1974). Actualmente se cree que sus poblaciones están en recuperación. En aguas mexicanas su número se estima en mas de 3 000 individuos, esta especie se considera "Vulnerable" para la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Klinowsaka 1991).

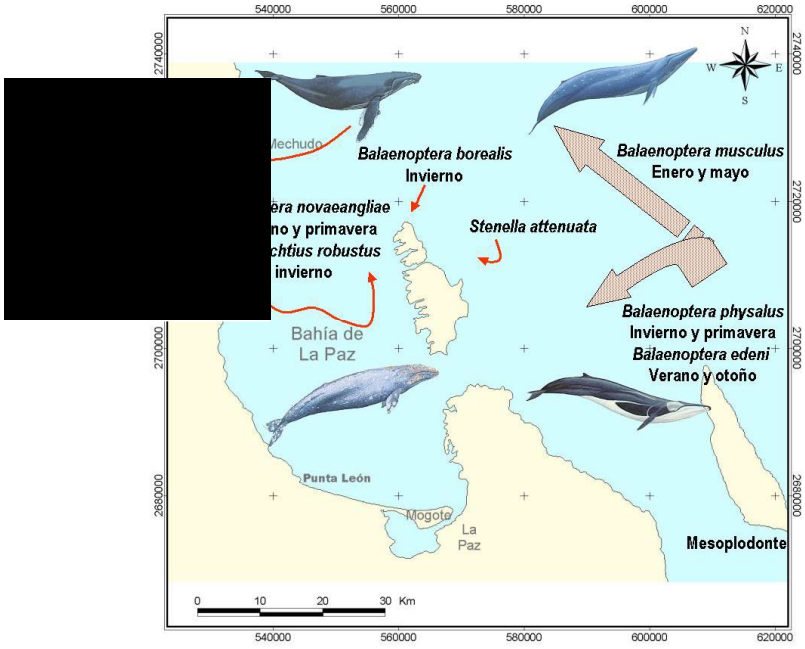
La ballena gris (*Eschrichtius robustus*, ver Figs. 2-14 a y 15 b) está representada por dos grandes poblaciones a escala mundial, la casi extinta población asiática y la población americana mucho mas numerosa. Esta última realiza migraciones a lo largo de la línea de costa desde el mar de Bering, donde se alimenta durante el verano, hasta la costa Oeste de la Península de Baja California y Golfo de California, donde se reproduce.

Los registros de esta especie dentro del Golfo de California son esporádicos, aunque al parecer antes de su explotación fueron muy frecuentes, principalmente en Bahía Yavaros, Sonora. No todos los individuos migran fuera del golfo, pues se registran durante todo el año. En la Bahía de La Paz es común su presencia en invierno.

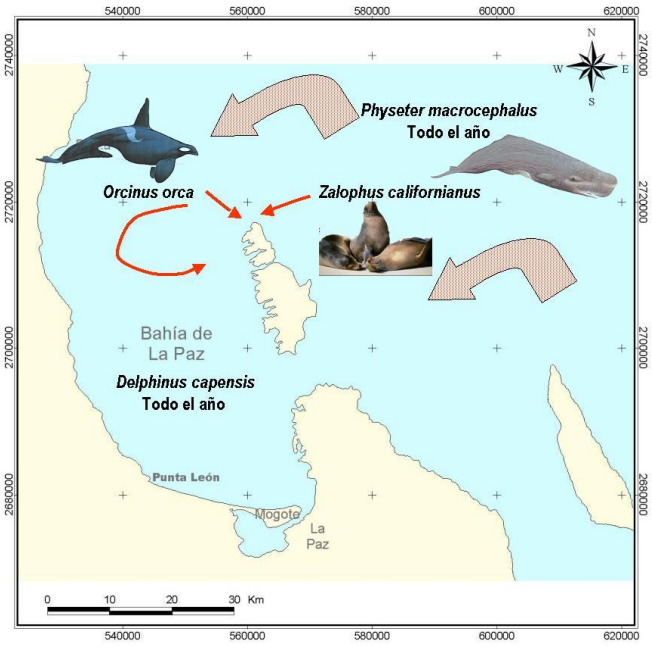
La abundancia de ballena gris en la bahía ha presentado grandes fluctuaciones a lo largo de los años, aparentemente esto está relacionado con la disponibilidad de alimento y con la temperatura superficial del mar (Flores-Ramírez et al. 1996).

A diferencia de otras ballenas, esta especie se alimenta de anfípodos que filtra del suelo marino. Esta ballena efectúa una migración enorme, se mueven cerca de 9 000 Km desde Alaska, hasta aguas mexicanas, su población actual se estima en mas de 20 000 animales.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!



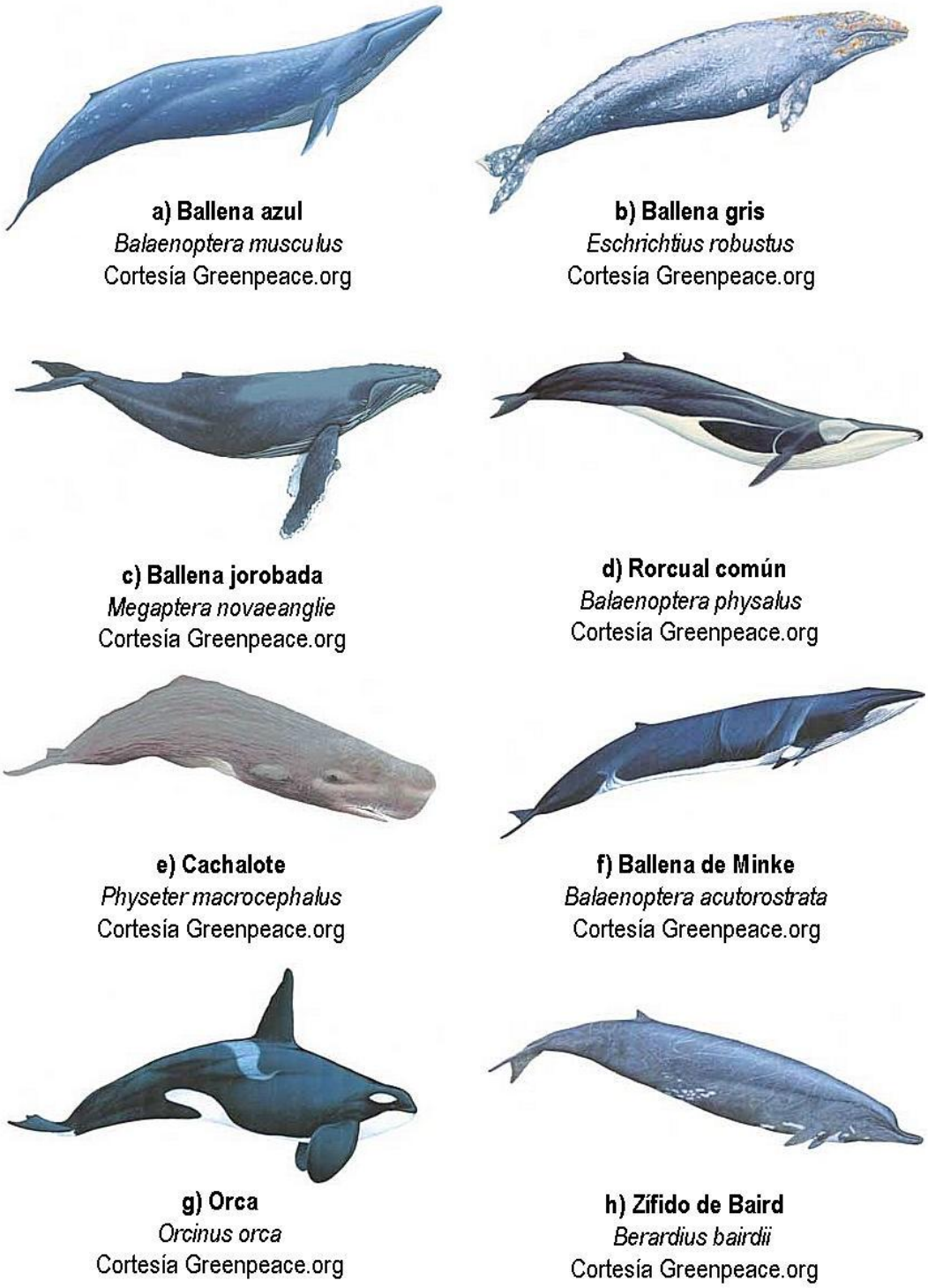
a



b

Figura 2-14. Distribución espacio-temporal de algunos cetáceos en la Bahía de La Paz. a) distribución de las ballenas azul, jorobada, gris y rorcual común en la bahía, lugar de avistamientos únicos de delfín manchado, rorcual de Sei y de mesoplodonte b) lugar de avistamientos de orca, ubicación de la lobera en Los Islotes y distribución de delfín común y de cachalote en la Bahía de La Paz.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!



a) Ballena azul
Balaenoptera musculus
Cortesía Greenpeace.org

b) Ballena gris
Eschrichtius robustus
Cortesía Greenpeace.org

c) Ballena jorobada
Megaptera novaeanglie
Cortesía Greenpeace.org

d) Rorcual común
Balaenoptera physalus
Cortesía Greenpeace.org

e) Cachalote
Physeter macrocephalus
Cortesía Greenpeace.org

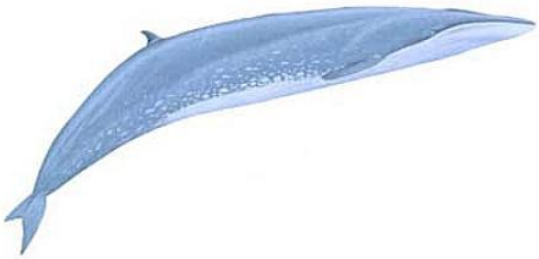
f) Ballena de Minke
Balaenoptera acutorostrata
Cortesía Greenpeace.org

g) Orca
Orcinus orca
Cortesía Greenpeace.org

h) Zífido de Baird
Berardius bairdii
Cortesía Greenpeace.org

Figura 2-15. Misticetos y odontocetos observados en la Bahía de La Paz (cortesía de Greenpeace.org).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!



a) Rorcual de Sei
Balaenoptera borealis
Cortesía Greenpeace.org



b) Ballena azul
Balaenoptera musculus
Cortesía Phillip Colla



c) Delfín común
Delphinus capensis
Cortesía Knopf

Fugura 2-16. Rorcual de Sei, Ballena azul y delfín común de costa, especies de cetáceos presentes en la Bahía de La Paz.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!



a) Delfín de Risso, *Grampus griseus*
Cortesía Knopf



b) Delfín del Pacífico
Lagenorhynchus obliquidens



c) Orca, *Orcinus orca*



d) Lobo marino de California
Zalophus californianus



e) Lobo fino de Guadalupe
Arctocephalus townsendi
Cortesía Del Angel Rodríguez

Figura 2-17. Algunas especies de mamíferos marinos en la Bahía de La Paz.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

En la Bahía de La Paz se han observado muy ocasionalmente ejemplares de un mamífero marino recientemente descrito, *Mesoplodon peruvianus*, o mesoplodonte pigmeo, y *Mesoplodon* sp. Existe un registro de esta especie al sur de Isla Cerralvo, en octubre de 1995 (UABCS, datos no publicados), y aun se desconoce gran parde de su biología, sin embargo es la especie de mesoplodonte que se ha observado dentro de la bahía (Figs. 2-14 y 2-15).

El zífido más común en México es el Zífido de Cuvier (*Ziphius cavirostris*), dentro del Golfo de California se han hecho mas de 29 avistamientos. Lo más distintivo de la especie es su largo hocico en forma de pico de ganso, por lo que se le ha llamado ballena pico de ganso, y se alimentan principalmente de calamares y peces de aguas profundas. No existe información clara acerca de su abundancia en México.

Otro cetáceo importante es el cachalote (*Physeter macrocephalus*, ver Fig. 2-15 e), los avistamientos mas comunes ocurren en el área entre Loreto e Isla Cerralvo (UABCS, datos no publicados). En la Bahía de La Paz se les ha observado en todo el año, principalmente en la región central y noroccidental, su presencia en esta zona se relaciona con la del calamar gigante (*Dosidicus gigas*). Esta especie de odontoceto es la de mayor tamaño y ha sido objeto de una intensa caza. Sólo en el Pacífico Norte, durante el siglo XX, se capturaron cerca de 290 000 individuos, y en 1968 llegó a su máximo la captura, con 16 000 individuos. Dentro del Golfo de California se estima una población de 400 organismos (Gerrodette y Palacios 1996).

En la Bahía de La Paz se han observado, aunque muy raramente, los cachalotes pigmeo (*Kogia breviceps*) y enano (*Kogia simus*). Ambas especies de aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo, ocasionalmente observados dentro de la bahía, especialmente el cachalote enano. Se piensa que son odontocetos comunes en la bahía debido al número de varamientos del cachalote pigmeo y a que se les ha avistado durante todo el año (Urbán et al. 1997).

Existen avistamientos de nueve especies de delfines dentro de la Bahía de La Paz. El delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), común en cautiverio en numerosas partes del mundo, tiene una población estimada en el Golfo de California de 6 000 individuos. El delfín de costados blancos (*Lagenorhynchus obliquidens*, ver Fig. 2-17 b) sólo habita la región del Pacífico Norte, en aguas templadas y subtropicales con influencia de corrientes frías. Se le ha observado en la Bahía de La Paz entre invierno y primavera excepto un avistamiento en verano cerca de Pichilingue y el Canal de San Lorenzo. Ocasionalmente forman grupos de miles de individuos, pero lo usual es que sean grupos de varias decenas. No se conoce el tamaño de sus poblaciones.

Sólo se conoce un avistamiento del delfín de Risso o delfín gris (*Grampus griseus*, ver Fig. 2-17 a) en la Bahía de La Paz. Es común que formen grupos de menos de 12 individuos. Es frecuente verlos acompañados de delfines de costado blanco, calderones o tursiones. Se ha estimado una población en el Golfo de California de cerca de 10 000 individuos (Gerrodette y Palacios 1996).

El cetáceo mas frecuentemente avistado en la Bahía de La Paz es el tursión o tonina (*Tursiops truncatus*, ver Fig. 2-18). Esta especie se distribuye en todos los océanos tropicales y subtropicales del mundo. Dentro de la Bahía de La Paz se distribuye principalmente en las aguas circundantes de El Mogote, incluida la Ensenada de La Paz (Acevedo 1989). Con base en estudios de foto

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

identificación se ha establecido que existe una población de tursiones residente en la Ensenada de La Paz, de unas decenas de individuos (Sánchez et al. 1992). Se han determinado mediante identificación por fotografías la presencia de al menos 52 individuos, que forman tres grupos diferenciados dentro de la Ensenada de La Paz (Marcín-Medina 1997). Se ha estimado una población dentro del Golfo de California de mas de 30 000 individuos (Gerrodette y Palacios 1996). Esta especie es el cetáceo más común en cautiverio, en México se les exhibe en zoológicos, circos y delfinarios.

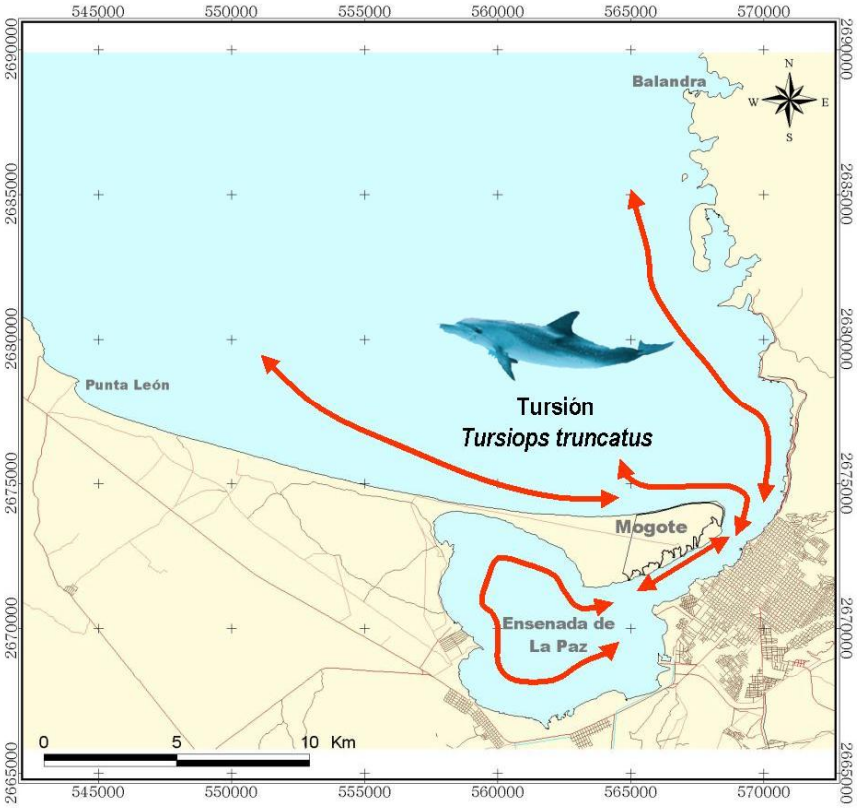


Figura 2-18. Distribución del tursión *Tursiops truncatus* en la Bahía y Ensenada de La Paz (Marcín-Medina 1997).

Otro delfín registrado en el sur del Golfo de California es el delfín manchado (*Stenella attenuata*), el registro más norteño es a la altura de Guaymas, Sonora. Dentro de la Bahía de La Paz, sólo se conocen dos avistamientos, uno al oriente de la Isla San José y el otro al oriente de Espíritu Santo (UABCS, datos no publicados). En el Golfo de California se ha estimado una población de delfín manchado de unos 20 000 individuos (Gerrodette y Palacios 1996). Estos son los delfines que en particular se asocian con el atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*), es por esto que muchos individuos mueren durante las operaciones de pesca de atún con red de cerco (Gómez-Gallardo 1995).

El delfín tornillo ha sido avistado en el Golfo de California mas de 50 veces (Urbán et al. 1997), principalmente entre Cabo San Lucas y Bahía de Banderas. Los delfines observados en el interior de la bahía pertenecen a la subespecie *Stenella longirostris orientalis*, con una coloración gris plomo

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

uniforme. Del mismo modo que las especies anteriores, se estima una población de unos 20 000 individuos para el Golfo de California, siendo la población del delfín tornillo oriental la mas afectada por la pesca del atún aleta amarilla con red de cerco en el Pacífico Oriental tropical (Gómez-Gallardo 1995).

Al interior del Golfo de California se han avistado unos 22 delfines listados (*Stenella coeruleoalba*), y en la Bahía de La Paz se han recolectado tres cráneos (Urbán et al. 1997). Se estima una población cercana a los 8 000 individuos en el Golfo de California, esta especie también es capturada junto con el atún con red de cerco.

El delfín común habita aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo, en el Golfo de California hay dos especies de delfín común: *Delphinus delphis* y *Delphinus capensis* (ver Fig. 2-16 c), se estiman poblaciones de 30 000 y de 60 000 individuos respectivamente. A *Delphinus capensis* es posible encontrarlo en abundancia dentro de la Bahía de La Paz, pues se les ha visto en mas de 250 ocasiones.

En algunas ocasiones se ha observado a la orca falsa (*Pseudorca crassidens*) dentro del Golfo de California, aunque no existen datos acerca de su población. Esta especie, junto con los calderones, son los delfines que con mayor frecuencia presentan varamientos masivos (Urbán et al. 1997).

En la región central de la Bahía de La Paz, y cerca de los Islotes se ha registrado al menos en 22 ocasiones a la orca (*Orcinus orca*, ver Fig. 2-17 c), sin embargo no existe información acerca de la población dentro del Golfo de California.

En el Golfo de California se han identificado al menos 29 colonias de lobo marino común (*Zalophus californianus*), y en la Bahía de La Paz existe una lobera en Los Islotes, en el extremo norte de la Isla Partida, la población, de unos 350 individuos se ha mantenido constante en los últimos años (Aurioles 1988, Urbán 1997). De la población total en México (unos 90 000 individuos) se estima que viven unos 24 000 a 28 000 en el Golfo de California.

Actualmente el lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*) se restringe a la Isla Guadalupe, en la costa occidental del Golfo de California, no se conoce que efectúe migraciones o desplazamientos estacionales, y últimamente se le ha observado en las islas del sureste de California y en el interior del Golfo de California, hasta la Bahía de Guaymas. Existen dos registros confirmados en la Bahía de La Paz, en la lobera de Los Islotes (en 1985 y 1986), aunque se cree que se trataba del mismo animal visto en años consecutivos (Aurioles et al. 1993). Como resultado de su explotación por su piel durante el siglo XVIII la especie se creyó extinta, sin embargo desde 1954 se han observado lobos vivos en la Isla Guadalupe, se estima una población actual de unos 3 500 individuos (Torres, 1991).

Existen al menos seis registros en la lobera de Los Islotes del elefante marino (*Mirounga angustirostris*). La población remanente en el Golfo de California se encontraba en la Isla Guadalupe cuando fue diezmada durante el siglo XVIII en busca de su aceite y grasa, posteriormente la población se recuperó y actualmente se estiman unos 60 000 individuos, de los que 35 000 se reproducen en aguas mexicanas. Existe preocupación de los visitantes de la lobera Los Islotes por

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

su comportamiento agresivo, de modo que actualmente se piensa en reubicar a los visitantes de esta especie en alguna colonia de la costa occidental de Baja California.

Los mamíferos marinos presentes en la Bahía de La Paz que están contemplados bajo algún estatus o bajo protección especial según la NOM-059-ECOL-2001 son: *Balaenoptera edeni* (Rorcual tropical, Pr), *Balaenoptera borealis* (Rorcual de Sei, Pr), *Balaenoptera physalus* (Rorcual común, Pr), *Balaenoptera musculus* (Ballena azul, Pr), *Megaptera novaeangliae* (Rorcual jorobado, Pr), *Eschrichtius robustus* (ballena gris, Pr), *Delphinus capensis* (delfín común de rostro largo, Pr), *Delphinus delphis* (delfín común de rostro corto, Pr), *Lagenorhynchus obliquidens* (delfín de costados blancos, Pr), *Grampus griseus* (delfín de Risso, Pr), *Globicephala macrorhynchus* (calderón de aletas cortas, Pr), *Peponocephala electra* (calderón pigmeo, Pr), *Pseudorca crassidens* (falsa orca, Pr), *Stenella attenuata* (delfín manchado, Pr), *Stenella longirostris* (delfín tornillo, Pr), *Stenella coeroleualba* (delfín listado, Pr), *Steno bredanensis* (Delfín de dientes rugosos, Pr), *Tursiops truncatus* (tursión, Pr), *Kogia breviceps* y *Kogia simus* (cachalotes pigmeo y enano, Pr), *Orcinus orca* (Orca); una especie en peligro de extinción: *Arctocephalus townsendi* (lobo fino de Guadalupe, P), *Zalophus californianus* (lobo marino de California, Pr), *Mirounga angustirostris* (elefante marino, A), *Phoca vitulina* (foca común, Pr), *Physeter macrocephalus* (cachalote, Pr), *Mesoplodon peruvianus* (mesoplodonte pigmeo, Pr), *Berardius bairdii* (mesoplodonte de Baird, Pr), *Ziphius cavirostris* (zífido de Cuvier, Pr), *Mesoplodon* sp. (mesoplodonte especie A, Pr).

2.3.6.3 Varamientos

En la costa de la Bahía de la Paz no es raro encontrar animales varados, por lo menos una vez al año, esto se debe a las características de las corrientes que prevalecen en el área. Se han registrado numerosos varamientos a lo largo de la historia, por ejemplo de *Balaenoptera physalus* (rorcual común) en Espíritu Santo y en el Mogote en 1983; tres varamientos de *Balaenoptera edeni* (rorcual tropical) en la Bahía de La Paz (1987, 1995 y 1996); *Megaptera novaeangliae* (ballena jorobada) en el Mogote (1983) y Espíritu Santo (1995); *Eschrichtius robustus* (ballena gris) en Pichilingue (1979) y en la Ensenada de La Paz (1985); *Mesoplodon peruvianus* (mesoplodonte pigmeo) en la bahía en 1990 y 1995; *Ziphius cavirostris* (zífido de Cuvier) varados en El Caimancito en 1980; siete individuos de *Berardius bairdii* (zífido de Baird) en el Mogote en 1986 y uno mas en 1990; varamientos de *Physeter macrocephalus* (cachalote, ver Figs. 2-19 a y b), con 22 individuos en Costa Baja en 1954 y 18 indivuduos frente a la Ciudad de La Paz en 1993, en Espíritu Santo en 1979 y en el Mogote en 1993 y 2003; dos varamientos de *Kogia breviceps* (cachalote pigmeo) y ocho de *Kogia simus* (cachalote enano) en la Bahía de La Paz en 1985; cuatro varamientos de *Steno bredanensis* (delfín de dientes rugosos) en el Mogote (1983), en El Muelle (1984) y en San Juan de La Costa (1984) y El Malecón (1995); un varamiento masivo de 100 individuos de *Stenella longirostris* o delfín tornillo en la Ensenada de La Paz en 1993 (la mitad de ellos fueron regresados al mar); cuatro varamientos de un solo individuo de *Globicephala macrorhynchus* (calderón de aletas cortas) y tres varamientos múltiples en la bahía, tres de ellos en las playas de Costa Baja, así como numerosos varamientos de lobo marino común (*Zalophus californianus*) no registrados oficialmente.
No se ha establecido un origen único para la explicación de los varamientos de mamíferos marinos, en general las causas pueden ser varias: envenenamiento del animal cuando se alimenta de peces con la toxina de la marea roja, enfermedades, altercados con sus congéneres o con algún otro

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

animal, muerte debida a heridas provocadas por embarcaciones, debilidad ocasionada por edad o envejecimiento o pérdida de orientación del animal.

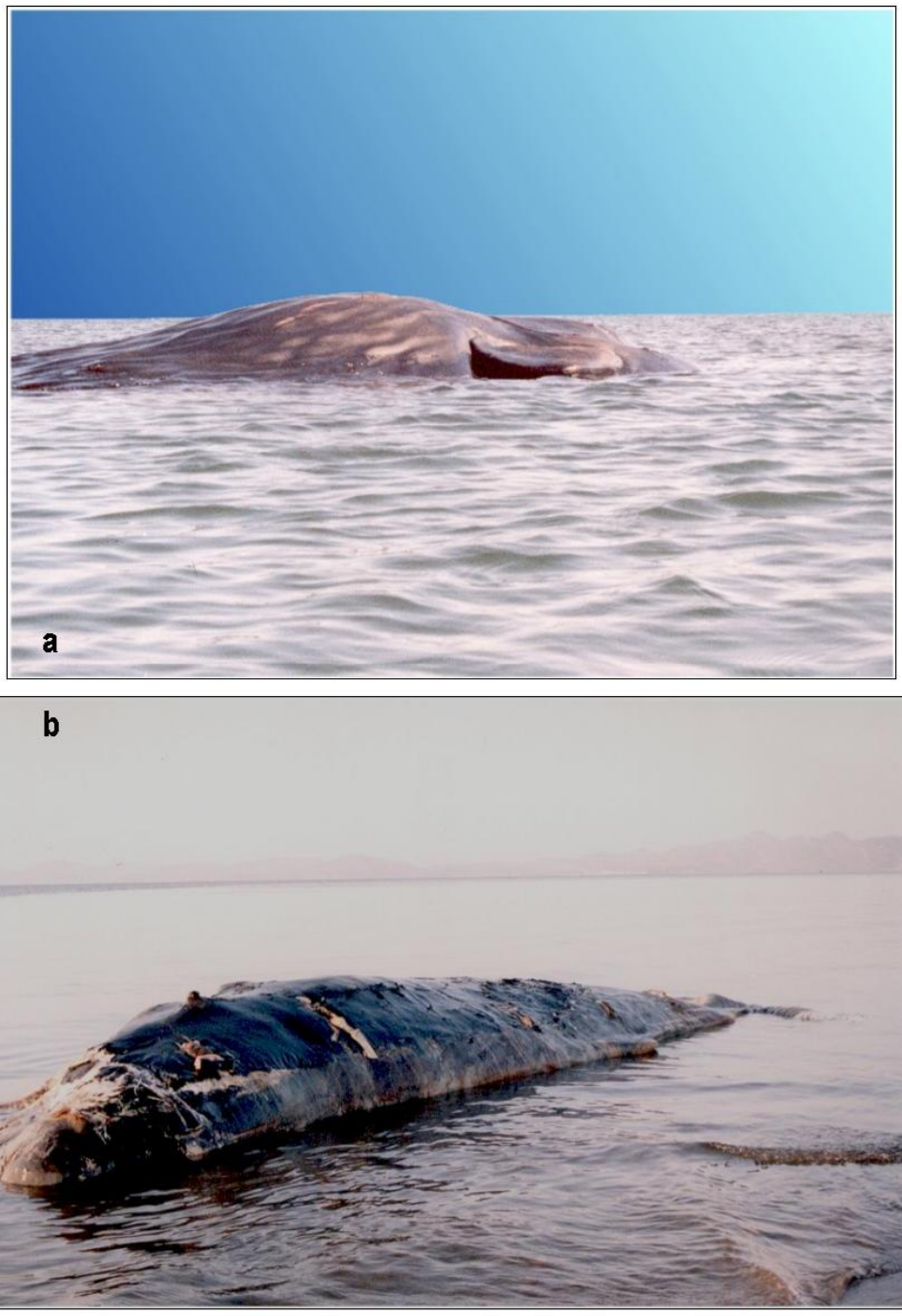


Figura 2-19. Cachalote (*Physeter macrocephalus*) varado en la playa norte de El Mogote en mayo del 2003 a) el dia en que se varó b) una semana después de varado.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

2.4 ANÁLISIS GENERAL

A través de estudios geológicos, oceanográficos y biológicos se ha visto que el Golfo de California es un área única, un mar relativamente joven, del que la flora y fauna presentan similitudes biogeográficas con el Pacífico Sudamericano y el Caribe. Su abrupta y diversa topografia submarina, le confiere una enorme riqueza de hábitats y especies en un área relativamente pequena. La porcion norte del Golfo es somera y arenosa. El área central presenta profundos cañones submarinos, fuertes corrientes frías y una gran productivadad primaria, debido a las surgencias producidas por las corrientes de mareas, asi como costas rocosas y abruptas. La parte sur del golfo presenta mayor influencia tropical e influencia oceánica. Se han producido decenas de islas de diversos tamaños, orígenes y distancias a tierra por la fuerte actividad volcánica y tectónica, por desprendiemiento del continente o de la península o por erupciones o emergencia del fondo marino.

Puede decirse de manera general que la flora y fauna presente en la Bahía de La Paz y por tanto en El Mogote, es en su gran mayoría de afinidad tropical, se trata de comunidades muy diversas y complejas. Los grupos cuya diversidad hay que destacar son los mamíferos marinos, los equinodermos, los corales pétreos, los peces de arrecife y los elasmobranquios. De esto se desprende que las comunidades coralinas y la fauna asociada a estas son las que aportan la riqueza específica que caracteriza la fauna marina de la bahía.

Es muy conocido que los arrecifes coralinos son comunidades frágiles desde el punto de vista biológico y ecológico, pues son muy vulnerables a los cambios de temperatura, turbidez del agua, alteraciones biológicas como parásitos, depredadores o alteraciones oceánicas como fenómenos atmosféricos eventuales (huracanes, tormentas) o fenómenos oceánicos (El NIÑO).

En la Bahía de La Paz hay que destacar la presencia de gran cantidad de especies susceptibles de explotación, desde los moluscos como la madreperla y almejas, hasta la gran diversidad de peces que se pueden explotar, pasando por las jaibas y langostas.

La relevancia de los grupos de invertebrados que viven en el golfo y la bahía es enorme, no sólo localmente, sino a escala nacional. Su importancia dentro de los aspectos economico, social y cientifico de nuestro país, ha sido mencionada en numerosos trabajos de autores nacionales y extranjeros. En el primer campo, la pesquería de camarón en el Golfo de California representa el recurso pesquero más importante en México, ya que en esta zona se extrae mas del 50% del volumen total que se captura en los litorales mexicanos (Secretaria de Pesca, 1987).

La fauna de acompanamiento, producto de dicha pesquería, es otro recurso en donde los crustáceos forman parte, en una proporción que varía entre el 10 y el 12% de la biomasa capturada (Hendrickx 1985); sin embargo, la potencialidad economica y el aprovechamiento de esta materia fresca, no han sido bien valorados y actualmente es utilizada en la fabricacioón de harina de pescado. Dentro de las especies de valor comercial, la langosta es otro de los recursos explotables del Golfo; corresponde a la langosta azul *Panulirus inflatus* soportar el grueso de la captura en esta región y su aportación dentro de la pesquería de langosta en el Pacifico del país, sólo es superada por la langosta roja *P.interruptus*, que se pesca en la costa occidental de la Península de Baja California (Secretaria de Pesca,op. cit.).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Existen otros grupos de crustáceos, que son susceptibles de una extracción comercial, entre ellos los estomatópodos (camaron mantis, catalinas de mar o galeras), los galateidos (langostillas), los portúnidos (jaibas) y los sicionidos (camaron roca), podrían considerarse como fuertes candidatos a una futura explotacion, debido a su abundancia (Hendrickx, 1985).

En lo referente a los moluscos, Baja California Sur tiene la mayor producción de almeja a escala nacional, esto debido a la gran abundancia que se presenta en la región. En cuanto al aspecto social, los crustáceos y moluscos, además de constituir una forma importante de captación de divisas para la economía del estado, representan muchas veces la única via de subsistencia de pescadores artesanales de almejas y de los pequeños cooperativistas que se distribuyen a lo largo de las costas del golfo y que se dedican principalmente a la pesca del camarón en esteros y lagunas costeras, así como de langosta en las zonas rocosas litorales del Cinturón Insular y de los estados de Baja California y Baja California Sur.

Otro atractivo enorme es la diversidad de mamíferos marinos que están presentes en este lugar. Muy pocos países en el mundo cuentan con el número de especies de cetáceos que se han registrado en aguas nacionales, baste como ejemplo mencionar que existe una mayor diversidad de estos animales en las aguas adyacentes a la Península de Baja California que la que se presenta en ambas costas de la región continental de los Estados Unidos de América. Por lo mismo, se considera que México cuenta con algunos de los mejores sitios para observar ballenas en el mundo.

En la Ensenada de La Paz, canal y sur de la Bahía de La Paz vive una población residente de tursiones (*Tursiops truncatus*) consistente de varias decenas de individuos. Es común que hagan viajes diarios hacia dentro y fuera de la ensenada en busca de alimento o para socializar. Esta población se conoce desde hace varios años y es importante conservarla.

México ocupa el tercer lugar entre los países con mayor diversidad biológica. Es el primero por su número de reptiles (717 especies), el segundo en mamíferos (449 especies) y el cuarto en anfibios (282 especies) y fanerógamas (25 mil especies aproximadamente). Un 32 por ciento de la fauna nacional de vertebrados es endémica de México y un 52 por ciento lo comparte únicamente con Mesoamérica.

En lo que a cetáceos se refiere, de las 80 especies del mundo hay 37 identificadas en aguas Mexicanas y 2 no identificadas que se han reportado en varias ocasiones. Estas especies son el *Mesoplodon* sp. y el *Hyperoodon* sp., con las que el número aumentará a 39 especies, una vez que sean identificadas. Es decir, casi el 50% de los cetáceos del mundo se encuentran en México.
Prácticamente todas las especies de mamíferos marinos están citadas en la NOM-059-ECOL-2001, como protegidas o amenazadas (ver Tablas 2-1 y 2-2).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Tabla 2-1. Mamíferos marinos observados en la Bahía de La Paz, y categoría citada en la NOM-059-ECOL-2001.

Clasificación	**Nombre común**	Pacífico Norte	Bahía de La Paz	Categoría en la **NOM-059-ECOL-2001**
Orden Cetácea	Cetáceos			
Suborden Mysticeti	Cetáceos barbados			
Familia Balaenopteridae	Rorcuales			
Balaenoptera acutorostrata	Rorcual de Minke	X	X	Pr
Balaenoptera physalus	Rorcual común	X	X	Pr
Balaenoptera musculus	Ballena azul	X	X	Pr
Balaenoptera borealis	Rorcual de Sei	X	X	Pr
Balaenoptera edeni	Rorcual tropical o de Bryde	X	X	Pr
Megaptera novaeangliae	Rorcual jorobado	X	X	Pr
Familia Eschrichtidae	Ballenas grises			
Eschrichtius robustus	Ballena gris	X	X	Pr
Suborden Odontoceti	Cetáceos dentados			
Familia Ziphiidae	Zifios			
Mesoplodon sp.	Mesoplodonte		X?	Pr
Mesoplodon peruvianus	Mesoplodonte pigmeo o Peruano		X	Pr
Ziphius cavirostris	Zifio de Cuvier	X	X	Pr
Berardius bairdii	Zifio de Baird	X	X	Pr
Familia Physeteridae	Cachalotes	X	X	
Physeter macrocephalus	Cachalote	X	X	Pr
Familia Kogiidae	Cachalotes enanos			
Kogia breviceps	Cachalote pigmeo	X	X	Pr
Kogia simus	Cachalote enano	X	X	Pr
Familia Delphinidae	Delfines			
Steno bredanensis	Delfín de dientes rugosos		X	Pr
Peponocephala electra	Calderón pigmeo		X	Pr
Pseudorca crassidens	Orca falsa	X	X	Pr
Globicephala macrorhynchus	Ballena piloto	X	X	Pr
Orcinus orca	Orca común	X	X	Pr
Lagenorhynchus obliquidens	Delfín de costados blancos del Pacífico	X	X	Pr
Tursiops truncatus	Tursión	X	X	Pr
Grampus griseus	Calderón gris o delfín de Risso	X	X	Pr
Stenella attenuata	Delfín manchado tropical		X	Pr
Stenella coeruleoalba	Delfín listado	X	X	Pr
Stenella longirostris	Delfín acróbata de hocico largo		X	Pr
Delphinus delphis	Delfín común de rostro corto	X	X	Pr
Delphinus capensis	Delfín común de rostro largo	X	X	Pr
Familia Phocidae	Focas			
Phoca vitulina	Foca común	X	X	Pr
Mirounga angusturostris	Foca elefante del norte	X	X	A

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Orden Carnivora				
Familia Otariidae				
Zalophus californianus	Lobo marino de California	X	X	Pr
Arctocephalus townsendi	Lobo fino de Guadalupe	X	X?	P

Con base en las clasificaciones de la IUCN (Klinowsaka 1991) y la distribución mexicana (Urban 1997).

Tabla 2-2. Lista de especies marinas citadas en la NOM-059-ECOL-2001 y que se encuentran en el área de influencia del proyecto Punta La Paz (excepto mamíferos marinos).

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN Y CATEGORÍA EN NOM-059-ECOL-2001
Gastropoda	Neotaenioglossa	Calyptraeidae	*Crucibulum scutellatum*	Caracol gorrito (Pr)
Holothuroidea	Aspidochirotida	Stichopodidae	*Isostichopus fuscus*	Pepino de mar (Pr)
Bivalvia	Pteroida	Pteriidae	*Pinctada mazatlanica*	Concha nácar (Pr)
Bivalvia	Ostreoida	Spondylidae	*Spondylus calcifer*	Almeja burra (Pr)
Bivalvia	Veneroida	Veneridae	*Tivela stultorum*	Almeja pismo (Pr)
Gasteropoda	Neogasteropoda	Thaididae	*Purpura pansa*	Caracol de tinta (Pr)
Gasterosteiformes	Gasterosteiformes	Singnathidae	*Hippocampus ingens*	Caballito de mar (Pr)
Osteichthyes	Perciformes	Pomacanthidae	*Holacanthus passer*	Ángel rey (Pr)
Osteichthyes	Perciformes	Pomacanthidae	*Pomacanthus zonipectus*	Ángel de Cortés (Pr)
Chondrichthyes	Orectolobiformes	Rhiniodontidae	*Rhincodon typus*	Tiburón ballena (A)

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

2.5 CONCLUSIONES

La Bahía de La Paz presenta una diversidad biológica marina muy alta, en algunos casos se puede comparar a la observada en lugares tropicales como Panamá o Costa Rica.

La flora y fauna marina presente en El Mogote, aunque tiene gran afinidad tropical, es una mezcla de origen tropical, templado, cosmopolita y en menor medida de origen incierto, de este modo se establece que la flora y fauna marina de El Mogote pertenecen a la Provincia Biótica Californiana.

En la Bahía de La Paz existe una multitud de especies explotadas que aportan gran cantidad de divisas para el estado y para los pobladores locales: peces, almejas, jaibas, langosta, calamares.

En el área existe un potencial turístico relacionado con la observación de especies marinas: observación de ballenas y otros mamíferos marinos, observación del tiburón ballena, observación de arrecifes coralinos.

Hay algunas especies que pueden presentar peligro para los bañistas en las costas de El Mogote: las rayas con aguijón (urolophidae), el hidrozoario *Physalia* o agua mala, y algunas especies de fitoplancton causante de mareas rojas (*Pseudonitzchia* y dinoflagelados de los géneros *Gonyaulax* y *Gymnodinium, Ceratium furca* var. *furca*, *C. fusus* var. *fusus*, *C. lineatum*, *C. longipes* y *C. tripos, Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, *Alexandrium* sp. y *Ptychodiscus brevis*).

Existen en el área cuatro especies de equinodermos endémicos del Golfo de California no citadas en la NOM-059-ECOL-2001, los asteroideos *Echinaster tenuispina* y *Lepichaster stellatus*; el equinoideo *Encope grandis* y el holotúrido *Holothuria fuscocinerea*; una estrella de mar endémica de la Bahía de La Paz, el asteroideo *Mithrodia enriquecasoi*, un holotúrido endémico de la Bahía de La Paz *Laetmogone scotoeides*, finalmente una especie de pepino de mar citada en la NOM-059-ECOL-2001 en la categoría de Protección especial: *Isostichopus fuscus*.

Las especiesde moluscos *Pinctada mazatlanica* (madreperla), *Crucibulum scutellatum* (caracol gorrito), *Purpura patula pansa* (caracol de tinta), *Tivela stultorum* (almeja Pismo) y *Spondylus calcifer* (almeja Burra) se encuentran presentes en la Bahía de La Paz, y están enlistadas en la Norma Oficial Mexicana 059-2001 bajo la categoría de Protección especial Pr.

En el área existe una especie de alga que actualmente es explotada comercialmente para obtener alginatos: *Sargassum sinicola* .

La esponja *Leucetta losangelensis*, se considera como especie endémica de acuerdo con Del Moral-Romero (1997), aunque no se la encuentra citada en la NOM-059-ECOL-2001.

Existe la presencia en la Bahía de La Paz de cuatro especies de peces de arrecife que están citadas en la NOM-059-ECOL-2001: *Hippocampus ingens* (caballito de mar, Pr), *Holacanthus passer* (ángel rey, Pr), *Rhincodon typus* (tiburón ballena, A), *Pomacanthus zonipectus* (ángel de Cortés, Pr).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Los mamíferos marinos presentes en la Bahía de La Paz que están contemplados bajo algún estatus o bajo protección especial según la NOM-059-ECOL-2001 son: *Balaenoptera edeni* (Rorcual tropical, Pr), *Balaenoptera borealis* (Rorcual de Sei, Pr), *Balaenoptera physalus* (Rorcual común, Pr), *Balaenoptera acutorostrata* (Rorcual de Minke), *Balaenoptera musculus* (Ballena azul, Pr), *Megaptera novaeangliae* (Rorcual jorobado, Pr), *Eschrichtius robustus* (ballena gris, Pr), *Delphinus capensis* (delfín común de rostro largo, Pr), *Delphinus delphis* (delfín común de rostro corto, Pr), *Lagenorhynchus obliquidens* (delfín de costados blancos, Pr), *Grampus griseus* (delfín de Risso, Pr), *Globicephala macrorhynchus* (calderón de aletas cortas, Pr), *Peponocephala electra* (calderón pigmeo, Pr), *Pseudorca crassidens* (falsa orca, Pr), *Stenella attenuata* (delfín manchado, Pr), *Stenella longirostris* (delfín tornillo, Pr), *Stenella coeroleualba* (delfín listado, Pr), *Steno bredanensis* (Delfín de dientes rugosos, Pr), *Tursiops truncatus* (tursión, Pr), *Kogia breviceps* y *Kogia simus* (cachalotes pigmeo y enano, Pr), *Orcinus orca* (Orca); una especie en peligro de extinción: *Arctocephalus townsendi* (lobo fino de Guadalupe, P), *Zalophus californianus* (lobo marino de California, Pr), *Mirounga angustirostris* (elefante marino, A), *Phoca vitulina* (foca común, Pr), *Physeter macrocephalus* (cachalote, Pr), *Mesoplodon peruvianus* (mesoplodonte pigmeo, Pr), *Berardius bairdii* (mesoplodonte de Baird, Pr), *Ziphius cavirostris* (zífido de Cuvier, Pr), *Mesoplodon* sp. (mesoplodonte especie A, Pr) (Tabla 2-1).

El Mogote es un lugar en el que se presentan varamientos ocasionales de mamíferos marinos, así como de calamares, crustáceos, peces y en general objetos que se encuentran a la deriva y que son transportados por las corrientes hacia la costa norte.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

2.6 GLOSARIO DE TÉRMINOS

BIODIVERSIDAD: La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

TAXONOMÍA: Estudio de la clasificación natural de las especies, basada en características morfológicas, etológicas, fisiológicas y evolutivas, propone la creación de grupos o categorías de clasificación taxonómicas (taxón o taxa en plural) de carácter jerárquico que agrupa a los organismos de acuerdo a sus afinidades, por ejemplo: familia, género o especie.

ESPECIE ENDÉMICA: Aquella especie cuya área de distribución natural se encuentra circunscrita únicamente al territorio nacional o a una zona en particular.

INFAUNA: Organismos que viven enterrados dentro del sustrato arenoso o fangoso, entre los granos de arena.

LECITOTRÓFICO: Tipo de huevo cuyo embrión se alimenta del vitelo mientras aún continúa su desarrollo dentro del huevo, de manera que al nacer comienza a alimentarse del exterior.

BENTÓNICO: Organismo que vive asociado al fondo, ya sea en la superficie de las rocas o sobre la arena.

CILIO: Estructura tubular que poseen algunas células, generalmente trabaja creando corrientes de agua a su alrededor para trasladarse de un lado a otro o para transporte de alimento.

PNEUMATÓFORO: Estructura orgánica llena de gas que poseen algunos organismos, como Physalia.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

2.7 BIBLIOGRAFÍA

ABBOTT, R.T. 1958. Seashells of North America. Golden Press, New York, 280 pp.

ABITIA-CÁRDENAS, L.A., J. RODRÍGUEZ-ROMERO, F. GALVÁN-MAGAÑA, J. DE LA CRUZ-AGÜERO y H. CHÁVEZ RAMOS. 1994. Lista sistemática de la ictiofauna de Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas 20*(2):159-181

ACEVEDO, G.A. 1989. Uso del área por el Tursión (*Tursiops truncatus*) en la Ensenada de La Paz durante el verano de 1987. Tesis profesional. Departamento de Biología Marina, UABCS. 115 pp.

ARREOLA, L.J.A. 1991. Larvas de peces en La Ensenada de La Paz, B.C.S. (1984). Tesis profesional. Depto. de Biol. Mar. UABCS. 94 pp.

AURIOLES, G.D. 1988. Behavioral ecology of California sea lions in the Gulf of California. Tesis de Doctorado. Universidad de California, Santa Cruz. 175 pp.

AURIOLES, G.D., B.J. LE BOEUF y L.T. FINDLEY. 1993. Registros de pinnipedos poco comunes para el Golfo de California. *Rev. Inv. Cient. Ser. Cienc. Mar.* Vol. 1 (No. Especial. SOMEMMA 1). UABCS:13-19.

BALART, E.F., J.L.CASTRO-AGUIRRE y F. DE LA CHICA-BONILLA. 1997. Análisis comparativo de las comunidades ícticas de fondos blandos y someros de la Bahía de La Paz, B.C.S., **En**: J. Urbán y M. Ramírez (eds), La Bahía de La Paz: Investigación y Conservación, UABCS-CICIMAR-SCRIPPS: 163-176.

BRIGGS, J.C. 1974. Marine Zoogeography. McGraw-Hill, New York, 476 pp.

BRUSCA, R.C. 1973. A handbook of the common intertidal invertebrates of the Gulf of California (first ed.). Univ. Ariz. Press, Tucson, 427 pp.

BRUSCA, R.C. 1980. Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. University of Arizona Press, Tucson, Arizona, 511 pp.

BUSTILLOS-GUZMÁN, J. J. 1981. Caracterización de tres zonas de manglar del Golfo de California México, de acuerdo a la composición especifica, diversidad, densidad y dominancia de las comunidades de diatomeas. Tesis profesional. La Paz, B.C.S., México, CICIMAR -IPN: 58 p.

CASAS-VALDEZ, M.M., M. CRUZ-AYALA y G.E. LÓPEZ. 1997. Algas marinas bentónicas más abundantes en la Bahía de La Paz, B.C.S. **En**: J. Urbán y M. Ramírez (eds), la Bahía de La Paz: Investigación y Conservación, UABCS-CICIMAR-SCRIPPS: 83-92.

CASTRO-AGUIRRE, J.L. y E. F. BALART. 1997. Contribución al conocimiento de la ictiofauna de fondos blandos y someros de la Ensenada de La Paz y Bahía de La Paz, B. C. S., **En**: J. Urbán y M. Ramírez (eds), La Bahía de La Paz: Investigación y Conservación, UABCS-CICIMAR-SCRIPPS: 139-150.

CHÁVEZ-ROSALES, S. 1995. Estimación poblacional del rorcual tropical *Balaenoptera edeni* (Anderson, 1878) en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de maestría. La Paz, B.C.S. México, CICIMAR - IPN.: 62 p.

COMPAGNO, J.L.V. 1984. FAO species catalogue Vol. 4. Sharks of the world: an anotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. Parts I and II. FAO Fish Synop. 126. 665 pp.

CORTÉS-ALTAMIRANO, R. y R. S. LUNA. 1998. Lista mundial de microalgas responsables de florecimientos, mareas rojas y tóxicas, p. 141-153. **En**: Cortés A. R. (comp.). Las Mareas Rojas, ATG editor S.A., D.F., México.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

CORTÉS-ALTAMIRANO, R. y A. NÚÑEZ-PASTEN. 2000. Distribución y abundancia anual de *Ceratium dens* (Peridinales: Ceratiaceae) en el golfo de California, México. Rev. Cien. Mar, U.A.S. Estación Mazatlán ICMyL-UNAM.

CRUZ AYALA, M. B. 1996. Variación espacio-temporal de la ficoflora y su abundancia relativa en la Bahía de La Paz, B.C.S. México. Tesis de maestría, CICIMAR-IPN.: 100 p.

CUMMINGS, W.C. 1985. Bryde´s whale *Balaenoptera edeni* Anderson 1878. 137-154. **En**: Ridway, S.H. y R. Harrison (Eds). Handbook of Marine Mammals. Volume 3: The Sirenians and Baleen Whales. Academic Press. London. 362 pp.

DE SILVA-DÁVILA, R. 1997. Abundancia y distribución de los eufásidos y producción larvaria de *Nyctiphanes simplex* Hansen, en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis profesional. La Paz, B.C.S., México, CICIMAR - IPN.: 112 p.

DEL MORAL-ROMERO, A.C. 1997. Flora y fauna del complejo insular Espíritu Santo, B.C.S. Tesina de Licenciatura, UABCS, Depto. de Biol. Mar. UABCS. 25 pp.

DOMÍNGUEZ-OROZCO, A. L. 1996. Aspectos ecológicos de los macromoluscos bentónicos en la Caleta de Balandra, Baja California Sur, México. Tesis profesional. La Paz. B.C.S. México, CICIMAR-IPN: 56 p.

ESCAMILLA-MONTES, R. 1998. Aspectos de la biología de las jaibas del género *Callinectes* en el estero El Conchalito, Ensenada de La Paz, B.C.S. Tesis de maestría. La Paz, B.C.S. México, CICIMAR - IPN.: 96 p.

ESQUIVEL-HERRERA, A. 1990. Caracterización de las comunidades de sifonóforos del Golfo de California 1984-1986. Tesis profesional. La Paz, B.C.S., México, CICIMAR - IPN.: 183 p.

FLORES-RAMÍREZ, S., J. URBÁN-RAMÍREZ, G. VILLARREAL-CHÁVEZ y R. VALLES-JIMÉNEZ. 1996. Cambios espaciales y temporales de la estructura comunitaria de los cetáceos en la Bahía de La Paz, B.C.S., México (1988-1991). *Ciencias Marinas 22*(2):151-173.

GALVÁN PIÑA, V. H. 1998. Estructura de la comunidad de peces capturada con redes agallera y charalera en Bahía de La Paz, B.C.S. La Paz, B.C.S. México, CICIMAR - IPN. 109 p.

GARCÍA-DOMÍNGUEZ, F. A. 1991. Distribución, abundancia, reproducción y fauna asociada de la almeja roñosa, *Chione californiensis* en la Ensenada de La Paz, B.C.S., México. Tesis de maestría. La Paz, B.C.S., México, CICIMAR - IPN.: 70 p.

GARCÍA-GÓMEZ, G. 2000. Análisis del papel de los tiburones en el ecosistema y su respuesta ante la explotación. Tesis de maestría. La Paz. B.C.S., México, CICIMAR-IPN.: 109 p.

GARCÍA-RODRÍGUEZ, F. J. y D. AURIOLES-GAMBOA. 1997. Contribución al conocimiento de la diversidad íctica en la Bahía de La Paz por medio del análisis coprológico en el lobo marino de California, *Zalophus californianus californianus*. **En**: J. Urbán y M. Ramírez (eds), La Bahía de La Paz: Investigación y Conservación, UABCS-CICIMAR-SCRIPPS: 151-162.

GENDRON, D. 1993. Índice de avistamientos y distribución del Género *Balaenoptera* en el Golfo de California, México, durante febrero, marzo y abril de 1988. *Rev. Int. Cient. Ser. Cienc. Mar.* Vol. 1 (No. Esp. SOMEMMA 1) UABCS: 21-30.

GERRODETTE, T. y D.M. PALACIOS. 1996. Estimates of cetacean abundance in EEZ waters of the Eastern Tropical Pacific. NOAA. SWFSCt. Adm. Rep. No. LJ-96-10. 28 pp.

GÓMEZ-GALLARDO, U. 1995. Distribución espacio-temporal de las operaciones de pesca sobre atún asociado a delfines, realizadas por la flota atunera mexicana que opera con red de cerco en el Pacífico oriental Tropical: 1985-1987. Tesis de maestría. UABCS. 105 pp.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

GONZÁLEZ ACOSTA, A. F. 1998. Ecología de la comunidad de peces asociada al manglar del estero El Conchalito, ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de maestría. La Paz, B.C.S., México, CICIMAR-IPN: ix, 126 p.

GONZÁLEZ-NAVARRO, E. y R. SALDIERNA-MARTÍNEZ. 1997. Zooplancton de la Bahía de La Paz, B. C. S. (1990-1991). **En**: URBÁN, J. y M. RAMÍREZ (eds), La Bahía de La Paz: Investigación y Conservación, UABCS-CICIMAR-SCRIPPS: 43-58.

HENDRICKX, M.E. 1985. Diversidad de los macroinvertebrados bentónicos acompañantes del camarón en el área del Golfo de California y su importancia como recurso potencial. Cap. 3:95-148. **En**: YANES-ARANCIBIA, A. (Ed.). Recursos Pesqueros Potenciales de Mexico: La Pesca acompanante del Camarón.

Programa Universitario de Alimentos, Instituto de Ciencias del Mar y Limnologia, Instituto Nacional de Pesca. UNAM, Mexico, D.F. 748 pp.

HERRERO-PEREZRUL, M. D. 1994. Estudio comparativo de la reproducción de *Isostichopus fuscus* Ludwig, 1875 y *Neothyone gibbosa* Deichmann, 1941 (Echinodermata: Holothuroidea), en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de maestría. La Paz, B.C.S., México, CICIMAR - IPN.: 88 p.

HOLGUÍN-QUIÑONES O. E. 1971. Estudio florístico de las algas marinas del sur de la Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis profesional. Esc.Nac. Cienc. Biol.. IPN, México, 115 p.

HOPKINS, S.H. 1956. Notes on the boring sponges in Gulf Coast Estuaries and their relation to salinity. *Bull. Mar. Sci., Gulf and Caribbean 6*(1):44-58.

HUERTA-MÚZQUIZ, L. y C. MENDOZA-GONZÁLEZ. 1985. Algas marinas de la parte sur de la Bahía de La Paz, B.C.S. México. *Phytologia 59*:35-57.

HOLGUÍN-QUIÑONES O. E. y F. A. GARCÍA-DOMÍNGUEZ. 1997. Lista anotada de las especies de moluscos recolectadas en la Bahía de La Paz, B. C. S., **En**: URBÁN J. y M. RAMÍREZ (eds), La Bahía de La Paz: Investigación y Conservación, UABCS-CICIMAR-SCRIPPS: 93-118.

KEEN, M.A. 1971. Sea shells of Tropical West America. Marine Mollusks from Baja California to Peru. 2nd ed. Stanford Univ. Press, Stanford California. 1065p.

KLINOWSAKA, M. 1991. Dolphins, porpoises and whales of the world. The IUCN Red Data Book, IUCN. Cambridge, UK. 29 pp.

KNOPF, A.A. 2002. National Audubon Society guide to marine mammals of the world/ illustrated by Pieter Arend Folkens. Chanticleer Press, Inc. New York, 527 pp.

LICEA-DURAN S., J.L. MORENO, H. SANTOYO y G. FIGUEROA. 1995. Dinoflageladas del Golfo de California. UBCS, SEP-FOMEX, México, 165 p.

MALPICA-MAURY, M. 2000. Ictiofauna de la ensenada de La Paz, B.C.S., México. La Paz, B.C.S., México, Tesis de Maestría, CICIMAR - IPN.: 77 p.

MARCÍN-MEDINA, R. 1997. Comportamiento del tursión (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821) en la Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de maestría. La Paz, B.C.S. CICIMAR-IPN. 79 pp.

MARGALEFF, R. 1982. Ecología. Omega. México, D.F. 1359 pp.

MCLEAN, J.H. 1969. Marine shells of southern California. *Los Angeles Co. Mus. Nat. Hist., Sci. Ser. 24*, Zool. No. 11. 104 pp.

MEDINA-RENDÓN, M. D. 1979. Análisis sobre la distribución horizontal de organismos planctónicos en el sur del Golfo de California, con referencia especial al Phylum Chaetognatha. Tesis de maestría. La Paz, B.C.S., México, CICIMAR - IPN.: 111 p.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

MUÑETON-GÓMEZ, M. 1987. Fenología de *Sargassum horridum* Setchell y Gardner, en tres localidades de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de maestría. UABCS. 71p.

MUÑETON-GÓMEZ, M. y G. HERNÁNDEZ-CARMONA. 1993. Crecimiento estacional de *Sargassum horridum* Stetchell y Gardner Phaeophyta, en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Inv. Mar. CICIMAR 8(1):23-31.

OVALLE-SERAFÍN. 1997. La Pesca en el complejo insular Espíritu Santo, B.C.S., Informe Técnico 55 pp.

PALOMARES, G.R. 1996. Estructura espacial y variación estacional de los copépodos en La Ensenada de La Paz. *Oceánides 11*(1):27-35.

PAUL-CHAVEZ, L. 1996. Variación espacio-temporal de macroalgas en el complejo insular Espíritu Santo La Partida, B.C.S. México. Tesis profesional. UABCS. 50p.

PAUL-CHÁVEZ, L. 2000. Evaluación taxonómica de las especies del género *Padina* Adanson 1763, (Dyctyotales: Phaeophyta) para el Golfo de California. Tesis de Maestría, La Paz, B.C.S. México, CICIMAR – IPN.: 93 p.

PÉREZ-ESPAÑA, H. F. GALVÁN-MAGAÑA y L.A. ABITIA-CÁRDENAS. 1996. Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces de arrecifes rocosos del sur-oeste del Golfo de California. *Ciencias Marinas 22*(3):273-294.

PÉREZ-NEVAREZ, V. 1995. Zonación y estructura de la comunidad de moluscos bivalvos en la Ensenada de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría, La Paz, B.C.S., México, CICIMAR - IPN. 91 p.

REYES-BONILLA, H. y A. LÓPEZ-PÉREZ. 1998. Biogeografía de los corales pétreos (Scleractinia) del Pacífico de México. *Ciencias Marinas 24*(2):211-224.

RICE, D.W. 1974. Whales and whale research in the eastern North Pacific. 170-195. En: Shevill, W.E. (Ed). The whale problem. A status report. Harvard Univ. Press. Cambridge, Mass. 419 pp.

RIOSMENA-RODRÍGUEZ R. y L. PAUL-CHÁVEZ. 1997. Sistemática y biogeografía de Macroalgas de la Bahía de La Paz, B. C. S., **En**: URBÁN J. y M. RAMÍREZ (eds), La Bahía de La Paz: Investigación y Conservación, UABCS-CICIMAR-SCRIPPS: 59-82.

RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R. y D.A. SIQUEIROS-BELTRONES. 1991. Taxonomía y variación espacio-temporal de las especies del Género *Amphiroa* Lamoroux (Corallinales: Rhodophyta) en la región sur de la península de Baja California. Tesis profesional. UABCS. 109 p.

RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R. y D.A. SIQUEIROS-BELTRONES. 1995a. Macroalgas marinas de Baja California Sur. Parte I: Bahía de La Paz, Bahía de La Ventana y Bahía de Muertos. Informe técnico CONABIO-CONACyT-UABCS. 50p.

RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R. y D.A. SIQUEIROS-BELTRONES. 1995b. Morfología y distribución de *Corallina vancouverensis* (Corallinales: Rhodophyta) en el noroeste de México. *Ciencias Marinas 21*(2):187-199.

RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R. y D.A. SIQUEIROS-BELTRONES. 1996. Morfología funcional de Mantos de Rodolitos en el Golfo de California, México. Informe técnico CONABIO-UABCS. 150p.

ROCHA-RAMÍREZ, V. y D.A. SIQUEIROS-BELTRONES. 1990. Revisión de las especies del Género *Sargassum* C. Agardh registradas para la Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Ciencias Marinas 16*:15-25.

RODRÍGUEZ DE LA CRUZ, M.C. 1967. Contribución al conocimiento de los Palaemónidos de México: II. Palaemónidos del Golfo de California, con notas sobre la Biología de *Macrobrachium americanum* Bate. Instituto de Investigaciones Biológico-Pesqueras, México. 373-380 pp.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

RODRÍGUEZ DE LA CRUZ, M.C. 1987. Crustáceos Decápodos del Golfo de California. Secretaria de Pesca, México. 306 pp.

SÁNCHEZ-ORTÍZ C., J.L. ARREOLA-ROBLES, O. ABURTO-OROPEZA y M. CORTÉS-HERNÁNDEZ. 1997. Peces de arrecife en la región de La Paz, B.C.S. **En**: URBÁN J. y M. RAMÍREZ (eds), La Bahía de La Paz: Investigación y Conservación, UABCS-CICIMAR-SCRIPPS: 177-188.

SCHENK, H.G., y A.M. KEEN. 1936. Marine molluscan provinces of western North America. *Proc. Am. Phil. Soc. 76*:921-938.

SIGNORET, M. y H. SANTOYO. 1980. Aspectos ecológicos del plancton de La Bahía de La Paz, B.C.S. *An. Centro Cienc. Del Mar y Limnol. UNAM 7*(2):217-248.

SOLÍS-MARÍN, F.A., REYES-BONILLA, H., HERRERO-PÉREZRUL, M.D., ARIZPE-COCARRUBIAS, O. y A. LAGUARDA-FIGUERAS. 1997. Sistemática y distribución de los equinodermos de la Bahía de La Paz, B.C.S. *Ciencias Marinas 23*(2):249-263.

SOURNIA, A.1986. Atlas du phytoplancton marin. Introduction Cyanophycées, Dictioochophycées, Dinophycées et Raphidophycées. *Editions du C. N. R. S.vol.1*, París. 219 p.

STEINBECK, J. y E. F. RICKETS. 1941. Sea of Cortez. A leisurely journal of travel and research. Viking Press, New York, 598 pp.

THOMSON, D.A., L.T. FINDLEY y A.N. KERSTITCH. 1979. Reef fishes of the Sea of Cortez. University of Arizona Press. 302 pp.

TORRES, G.A. 1991. Estudio demográfico del lobo fino de Guadalupe *Arctocephalus townsendi* (Meriam 1897) en la Isla Guadalupe, B.C., México. Tesis profesional, Facultad de ciencias, UNAM, 78 pp.

TORIUMI, S. 1990. *Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparede et Lachman, *Ceratium fusus* (Ehrenberg) Dujardin, p 80-83. **En**: Y. FUKUYO, H. TAKANO, M. CHIHARA and K. MATSUOKA (eds.). Red Tide Organisms in Japan: An Illustrated Taxonomic Guide, Uchida Rokahuho, Tokyo, Japan. 430 p.

URBAN-RAMIREZ, J. 1996. La población del Rorcual común *Balaenoptera physalus* en el Golfo de California. Informe final a la Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO). Proyecto B040. 102 pp.

URBÁN-RAMÍREZ, J., A. GÓMEZ-GALLARDO, M. PALMEROS-RODRÍGUEZ y G. VELÁSQUEZ-CHÁVEZ. 1997. Los mamíferos marinos de la Bahía de La Paz, B.C.S. **En**: URBÁN J. y M. RAMÍREZ (eds). La Bahía de La Paz: investigación y conservación. UABCS, La Paz, B.C.S., México. 201-236 p.

VÁZQUEZ-BORJA, R. 1999. Análisis comparativo de la ficoflora de Baja California. Tesis de Maestría, La Paz, B.C.S., México, CICIMAR - IPN: 75 p.

VILLALOBOS-HIRIART J. L., J. C. NATES-RODRÍGUEZ, A. C. DÍAZ-BARRIGA, M. D. VALLE-MARTÍNEZ, P. FLORES HERNÁNDEZ, E. LIRA-FERNÁNDEZ, y P. S. VALENCIA. 1989. Listados Faunísticos de México, I. Crustáceos Estomatópodos Y Decápodos intermareales de Las Islas Del Golfo de California, México. Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Biología, UNAM.

VILLAVICENCIO-GARAYZAR C.J., E. MARIANO-MELÉNDEZ y C. DOWNTON-HOFFMANN. 1997. Tiburones capturados comercialmente en la Bahía de La Paz, B.C.S. **En**: URBÁN J. y M. RAMÍREZ (eds), La Bahía de La Paz: Investigación y Conservación, UABCS-CICIMAR-SCRIPPS: 189-200.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

WRIGHT-LOPEZ, H. 1997. Ecología de la captación de la semilla de madreperla *Pinctada mazatlanica* y concha nácar *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteriidae), en la Isla Gaviota, Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de maestría, CICIMAR-IPN, 139 p.

ZERTUCHE-GONZÁLEZ, J.A., I. PACHECO-RUIZ y J. GONZÁLEZ-GONZÁLEZ. 1996. Macroalgas. **En**: FISHER, W., F. KRUPP, W. SCHEINER, C. SOMMER, K.E. CARPENTER y V.H. NIEM. 1995. Guía para la identificación de especies para los fines de la pesca. Volumen 1. Plantas e invertebrados. FAO. Roma. 646pp.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

2.8. ANEXO

Tabla 1. Lista sistemática de especies de copépodos presentes en la Bahía de La Paz y en la Ensenada de La Paz, modificada de Signoret y Santoyo 1989 y Palomares 1996.

Familia	Bahía de La Paz	Ensenada de La Paz
Acartiidae	*Acartia lilljeborgii*	*Acartia lilljeborgii*
	Acartia tonsa	
		Acartia clausi
	Acartia sp.	*Acartia dana*
		Acartia longiremis
Aetideidae		*Aetideus armatus*
Calanidae	*Calanus* sp.	*Calanus minor*
		Calanus pacificus
		Undinula vulgaris
Candaciidae		*Candacia aethiopica*
Centropagidae	*Centropages furcatus?*	*Centropages furcatus*
	Centropages typicus	*Centropages longicornis*
	Centropages sp.	
Eucalanidae		*Eucalanus attenuatus*
		Eucalanus mucronatus
		Rhincalanus nasutus
Metridiidae	*Metridinidae*	*Metridia*
		Pleuromamma gracilis
Paracalanidae	*Paracalanus* sp.	*Paracalanus aculeatus*
		Paracalanus parvus
Pseudocalanidae		*Pseudocalanus*
Pontellidae	*Labidocera acutifrons?*	*Labidocera acutifrons*
	Labidocera jollae?	*Labidocera jollae*
	Labidocera trispinosa	*Labidocera trispinosa*
		Labidocera diandria
		Labidocera acuta
		Pontellina plumata
Euchaetidae		*Euchaeta longicornis*
		Euchaeta marina
		Euchaeta wolfendeni
Scolecithricidae		*Scolecithrix danae*
Temoridae	*Temora longicornis?*	*Temora discaudata*
	Temora turbinata?	
Clausocalanidae	*Clausocalanus* sp.	*Clausocalanus arcuicornis*
Heterorhabdidae		*Heterorhabdus pappilliger*
Oithonidae	*Oithona nana*	*Oithona nana*
	Oithona similis?	*Oithona similis*
	Oithona stilifera	*Oithona rigida*
	Oithona sp.	*Oithona plumifera*
		Oithona setigera

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Sapphirinidae	*Sapphirina* sp.	*Sapphirina angusta*
		Saphirina gastrica
		Sapphirina nigromaculata
		Sapphirina
Ectinosomatidae	*Microsetella* sp.	*Microsetella norvergica*
		Microsetella rosea
Tachidiidae	*Euterpina acutifrons*	*Euterpina acutifrons*
	Euterpina sp.	*Euterpina* sp.
Miraciidae		*Macrosetella gracilis*
		Macrosetella norvergica
		Macrosetella rosea
Clytemnestridae		*Clytemnestra rostrata*
		Clytemnestra scutellata
Longipediidae		*Longipedia*
Corycaeidae	*Corycaeus acutifrons?*	*Corycaeus crassiusculus*
	Corycaeus japonicum	*Corycaeus japonicus*
	Corycaeus truquicus?	*Coryceaus truckicus*
	Corycaeus sp.	*Corycaeus flacus*
		Corycaeus gibbulus
		Corycaeus lautus
		Corycaeus ovalis
		Corycaeus speciosus
Oncaeidae	*Oncaea* sp.	*Oncaea conifera*
		Oncaea venusta
		Oncaea media
		Copilia longistylis
		Copilia mirabilis
		Copilia quadrata
		Lubbockia squillimana
Lernaepodidae		*Lernaea*
Caligidae		*Caligus* sp.
Tisbidae		*Tisbe*

Tabla 2. Lista sistemática de larvas de peces presentes en la Bahía de La Paz, modificada de González y Saldierna 1997.

Familia	Género	Especie
Albulidae	*Albula* sp.	
Ophichtidae		*Myrophis vafer*
Congridae	*Paraconger* sp.	*Paraconger californiensis*
		Paraconger dentatus
Engraulidae		
Clupeidae		*Sardinops sagax*
		Etrumeus teres
		Opisthonema libertate
		Harengula thrissina
Bathylagidae		*Bathylagus stilbius*

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Photichthyidae		*Vinciguerria lucetia*
Stomiidae	*Tacostoma* sp.	
Stomiatidae	*Stomias* sp.	
Aulopidae	*Aulopus* sp.	
Scopelarchidae		*Scopelarcoides nicholsi*
Synodontidae		*Synodus lucioceps*
Paralepididae		*Lestidiops ringens*
Melasnostomoatidae	*Tacostoma* sp.	
Myctofidae		*Triphoturus mexicanus*
		Benthosema panamense
		Hygophum atratum
		Diogenichthys laternatus
		Lampanictus parvicauda
Carapidae	*Carapus* sp.	
Macrouridae		
Ophidiidae	*Lepophidium* sp.	
	Ophidion sp.	
	Lepophidium sp.	
Lophiidae		
Hemiramphidae	*Hyporhamphus* sp.	
	Fistularia sp.	
Solenostomidae	*Solenostomus* sp.	
Scorpaenidae		*Scorpaenodes xyris*
	Pontinus sp.	
	Sebastes sp.	
Triglidae	*Prionotus* sp.	
Serranidae	*Diplectrum* sp.	
	Anthias sp.	
	Pseudogramma sp.	
		Paralabrax maculatofasciatus
Opistognathidae	*Opistognathus* sp.	
Carangidae	*Caranx* sp.	
	Oligoplites sp.	
	Mugil sp.	
Sphyraenidae		*Sphyraena argentea*
Labridae		
Blennidae	*Hypsoblennius* sp.	
Lutjanidae	*Lutjanus* sp.	
Malacanthidae	*Caulolatilus* sp.	*Caulolatilus princeps*
Gerreidae		
Haemulidae		
Scianidae		
Kyphosidae		*Kyphosus elegans*
Pomacentridae		*Abudefduf troscheli*
Tripterygiidae		
Clinidae		

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Gobiidae		
Trichiuridae		*Lepidopus xanthopus*
Scombridae		*Scomber japonicus*
		Scomberomorus sierra
		Auxix thazard
		Euthynnus lineatus
Bothidae		*Bothus leopardinus*
		Bothus constellatus
Pleuronectidae	*Pleuronichthys* sp.	
Paralichthydae		*Citharichthys platophrys*
		Citharichthys gilberti
		Syacium ovale
	Etropus sp.	
	Paralichthys sp.	
Soleidae		*Achirus mazatlanus*
Cynoglossidae		*Symphurus williamsi*
		Symphurus atricauda
		Symphurus callopterus
Balistidae		*Balistes polylepis*
Tetraodontidae		

Tabla 3. Lista sistemática de larvas de peces encontradas en la Ensenada de La Paz, modificada de Arreola 1991.

Familia	Especie
Gobiidae	*Quietula* sp.
	Ilypnus sp.
Gerreidae	*Eucinostomus* sp.
Pleuronectidae	*Pleuronichthys verticalis*
Engraulidae	
Clinidae	
Clupeidae	*Sardinops caeruleus*
	Opisthonema spp.
	Harengula thrissina
Carangidae	*Oligoplites* sp.
Blennidae	*Hypsoblennius* sp.
Pomacentridae	
Sygnathidae	*Sygnathus auliscus*
Soleidae	*Achirus mazatlanus*
Mullidae	
Scianidae	
Tetraodontidae	
Hemirhamphidae	*Hyporhamphus* sp.
Exocoetidae	
Scombridae	*Scomber japonicus*
Sparidae	*Calamus brachysomus*

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Tabla 4. Relación taxonómica y variación espacio-temporal de la ficoflora en la Ensenada de La Paz en el ciclo anual 1993. I: invierno; P: primavera; V: verano; O: otoño. Modificado de Cruz-Ayala, 1996.

ESPECIE	COMITÁN	MALECÓN
Acetabularia sp.	PV	
Caulerpa sertularioides	VO	VO
Champia parvula		VO
Chondria dasyphyla	V	
Chondria sp.	O	
Cladohpora microcladioides		I
Codium cuneatum		P
Codium magnum		V
Colpomenia sinuosa	IP	P
Colpomenia tuberculata	P	
Dasya baylouviana	I	
Derbesia marina	PV	
Dictyota cervicornis	I	
Dictyota crenulata	P	I
Dictyota dichotoma	IP	
Dictyota divaricata	PV	PVO
Dictyota volubilis	P	
Dictyota sp.	P	PO
Digenia simplex		I
Ectocarpus parvus	P	
Ectocarpus simulans		I
Enteromorpha acantophora		I
Enteromorpha clathrata		IPVO
Enteromorpha flexuosa		IP
Enteromorpha intestinalis	P	IPV
Enteromorpha prolifera		IP
Enteromorpha ramulosa		V
Enteromorpha sp.	P	IPO
Gelidiopsis tenuis	V	
Gracilaria crispata		IPO
Gracilariopsis lemaneiformis	I	I
Gracilaria marcialana	I	
Gracilaria pacifica	I	I
Gracilaria papenfusii	I	P
Gracilaria spinigera		P
Gracilaria subsecundata	O	IV
Gracilaria sp.	IVO	IPVO
Grateloupia versicolor		IP
Griffithsia sp.	PV	
Halimeda discoidea		IPVO

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Halimeda sp.		O
Hydroclathrus clathratus	P	IPV
Hypnea johnstonii	I	
Hypnea valentiae	IPVO	PVO
Hypnea sp.	IO	IO
Jania adherens		P
Laurencia johnstonii	I	IP
Laurencia pacifica	IP	IVO
Laurencia papillosa	IP	IPVO
Laurencia sinicola	I	IP
Laurencia sp.	IP	IPVO
Litophyllum imitans		I
Litophyllum sp.	I	I
Neogoniolithon trichotomum		O
Padina durvillaei		I
Polysiphonia johnstonii	IV	
Polysiphonia sp.		O
Prionitis abbreviata		I
Prionitis sp.		IPO
Pseudostrovea robusta	P	P
Rhizoclonium riparium		I
Rosenvingea intricata	P	V
Sargassum herporhizum		PO
Sargassum sinicola		IP
Sargassum sp.		IVO
Spyridia filamentosa	IPVO	IPVO
Ulva expansa	P	IPV
Ulva latuca		IPV
Ulva rigida		IPV
Ulva taeniata		I
Ulva sp.	I	IPVO

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Tabla 5. Relación taxonómica de especies de equinodermos encontrados en la Bahía de La Paz, B.C.S., modificada de Solís-Marín 1997.

Clase	Orden	Familia	Especie
Asteroidea	Paxillosida	Luidiidae	*Luidia columbia*
			Luidia foliolata
		Astropectinidae	*Astropecten verrilli*
			Leptichaster stellatus
			Tethyaster canaliculatus
	Notomyotida	Asterodiscididae	*Amphiaster insignis*
	Valvatida	Oreasteridae	*Nidorellia armata*
			Pentaceraster cumingi
		Asterinidae	*Asterina miniata*
		Asteropseidae	*Asteropsis carinifera*
		Ophidiasteridae	*Leiaster teres*
			Linckia columbiae
			Pharia piramidata
			Phataria unifascialis
		Mithrodiidae	*Mithrodia bradleyi*
			Mithrodia enriquecasoi
		Acanthasteridae	*Acanthaster planci*
	Spinulosida	Echinasteridae	*Echinaster tenuispina*
	Forcipulatida	Heliasteridae	*Heliaster kubinjii*
			Heliaster microbranchius
		Asteriidae	*Astrometis sertulifera*
Ophiuroidea	Phrynophiurida	Gorgonocephalidae	*Astrocaneum spinosum*
			Astrodictyum panamense
	Ophiurida	Amphiuridae	*Amphipholis germinata*
			Amphipholis elevata
			Amphichondrius laevis
		Ophiactidae	*Ophiactis savignyi*
			Ophiactis simplex
		Ophiotrichidae	*Ophiotela mirabilis*
			Ophiotrix rudis
			Ophiotrix spiculata
		Ophiocomidae	*Ophiocoma aethiops*
			Ophiocoma alexandri
		Ophionereidae	*Ophionereis annulata*
			Ophionereis perplexa
		Ophiodermatidae	*Ophioderma panamense*
			Ophioderma teres
			Ophioderma variegatum
			Diopederma daniatum
Echinoidea	Cidaroida	Cidariidae	*Eucidaris thouarsii*
			Hesperocidaris asteriscus
	Diadematoida	Diadematidae	*Astropyga pulvinata*

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

			Centrostephanus coronatus
			Diadema mexicanum
	Arbacioida	Arbaciidae	*Arbacia incisa*
	Temnopleuroida	Toxopneustidae	*Lytechynus pictus*
			Toxopneustes roseus
			Tripneustes depressus
	Echinoida	Echinometridae	*Echinometra vanbrunti*
		Strongylocentrotidae	*Strongylocentrotus franciscanus*
			Strongylocentrotus purpuratus
	Clypeasteroidea	Clypeasteridae	*Clypeaster europacificus*
			Clypeaster ochrus
			Clypeaster rotundus
			Clypeaster speciosus
		Dendrasteridae	*Dendraster excentricus*
		Mellitidae	*Encope grandis*
			Encope micropora
			Encope perspectiva
	Holasteroida	Schizasteridae	*Agassizia scrobiculata*
			Moira clotho
		Brissidae	*Brissus obesus*
			Plagiobrissus pacificus
			Meoma ventricosa grandis
		Loveniidae	*Lovenia cordiformis*
Holothuroidea	Dendrochirotida	Psolidae	*Psolus conchae*
			Psolus diomedeae
		Phyllophoridae	*Thyone parafusus*
		Sclerodactylidae	*Euthyonidiella zacae*
			Neothyone gibbosa
		Cucumariidae	*Neocucumis veleronis*
			Pseudocnus californicus
			Thyonella mexicana
	Aspidochirotida	Holothuriidae	*Holothuria arenicola*
			Holothuria difficilis
			Holothuria fuscocinerea
			Holothuria hilla
			Holothuria imitans
			Holothuria impatiens
			Holothuria kefersteini
			Holothuria languens
			Holothuria lubrica
			Holothuria macculochi
			Holothuria rigida
			Holothuria riojai
			Labidodemas americanum
		Stichopodiidae	*Isostichopus fuscus*
	Elasipodida	Laetmogonidae	*Laetmogone scotoeides*

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

		Pannychia moseleyi
Apodida	Synaptidae	*Euapta godefroyii*
	Chiridotidae	*Chiridota aponocrita*
Molpadiida	Caudinidae	*Paracaudina chilensis*

Tabla 6. Lista sistemática de crustáceos malacostracos decápodos registrados en la Bahía de La Paz, B.C.S., modificado de Steinbeck y Ricketts 1941, Rodríguez-De La Cruz 1967, 1987; y Villalobos-Hiriart et al. 1989 (excepto *Penaeus* spp.,y *Pinnotheres* sp.).

Familia	Especie
Penaeidae	*Penaeus californiensis*
	Penaeus vannamei
	Penaeus brevirostris
Gonodactylidae	*Gonodactylus stanschi*
Palaemonidae	*Palaemon ritteri*
	Pontonia pinnae
	Pontonia margarita
Alpheidae	*Alpheus umbo*
Hippolytidae	*Thor algicola*
Axiidae	*Axius vivesi*
Upogebiidae	*Upogebia dawsoni*
	Upogebia thistlei
Coenobitidae	*Coenobita compressus*
Diogenidae	*Calcinus californiensis*
	Clibanarius digueti
Paguridae	*Pagurus benedicti*
	Pagurus lepidus
Porcellanidae	*Megalobrachium sinuimanus*
	Megalobrachium tuberculipes
	Petrolisthes armatus
	Petrolisthes crenulatus
	Petrolisthes gracilis
	Petrolisthes polymitus
Pinnotheridae	*Pinnotheres sp.*
Hippidae	*Hippa pacifica*
Majidae	*Eucinetops lucasi*
	Eucinetops panamensis
	Podochela latimanus
	Stenorhynchus debilis
	Pitho picteti
	Epialtus minimus
	Mithrax tuberculatus
	Mithrax denticulatus
	Teleophrys cristulipes
	Microphrys platysoma

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

	Microphrys triangulatus
Portunidae	*Callinectes arcuatus*
	Callinectes bellicosus
Xanthidae	*Cataleptodius occidentalis*
	Xanthodius sternberghii
	Heteractaea lunata
Panopeidae	*Panopeus purpureus*
	Eurypanopeus planissimus
	Lophoxanthus lamellipes
Pilumnidae	*Pilumnus townsendi*
	Pilumnus gonzalensis
Menippidae	*Ozius verreauxii*
	Ozius tenuidactylus
	Eriphia squamata
Trapeziidae	*Trapezia ferruginea*
Grapsidae	*Grapsus grapsus*
	Geograpsus lividus
	Aratus pisonii
Ocypodidae	*Ocypode occidentalis*
	Uca princeps princeps
	Uca (Leptuca) latimanus
	Uca musica musica
	Uca crenulata

Tabla 7. Relación sistemática de moluscos encontrados en El Mogote, B. C. S., en el sustrato a una profundidad de entre 0 y 30 cm en el sustrato y entre 0 y 6 m en el agua.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Número de individuos
Bivalvia				**1065**
	Arcoida			**5**
		Arcidae		**5**
			Anadara multicostata	4
			Barbatia (Calloarca) alternata	1
	Mytiloida			**1**
		Mytilidae		**1**
			Botula cylista	1
	Pterioida			**26**
		Pectinidae		**26**
			Argopecten ventricosus (catarina)	26
	Veneroida			**1033**
		Cardiidae		**110**
			Laevicardium elenense	73

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

	Laevicardium substriatum	1
	Papyridea crockeri	1
	Trachycardium consors	1
	Trachycardium panamense	20
	Trigoniocardia biangulata	5
	Trigoniocardia granifera	9
Donacidae		**268**
	Donax californicus	112
	Donax navicula	156
Lucinidae		**49**
	Codakia distinguenda	3
	Lucina prolongata	23
	Divalinga eburnea	23
Solenidae		**2**
	Ensis californicus	1
	Solen rosaceus	1
Solercutidae		**6**
	Tagelus californianus (navaja)	6
Tellinidae		**30**
	Strigilla cicercula	2
	Strigilla costulifera	22
	Tellina coani	1
	Tellina subtrigona	5
Thyasiridae		**4**
	Axinospsida serricata	4
Ungulinidae		**1**
	Diplodonta subquadrata	1
Veneridae		**563**
	Chione californiensis (roñosa)	349
	Chione obliterata	3
	Dosinia ponderosa	21
	Megapitaria squalida (chocolata)	20
	Tivela byronensis	105
	Transennella modesta	64
	Transennella puella	1
Gasteropoda		**635**
Archeogasteropoda		**100**

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Littorinidae		**1**
	Littorina aspera (G)	1
Neritidae		**1**
	Nerita picea (G)	1
Potamididae		**98**
	Cerithidea montagnei (G)	98
Mesogasteropoda		**133**
Calyptraeidae		**21**
	Crepidula arenata (G)	4
	Crepidula striolata (G)	1
	Crucibulum monticulus (G)	14
	Crucibulum pectinatum (G)	1
	Crucibulum spinosum (G)	1
Naticidae		**33**
	Natica brunneolinea (G)	26
	Natica chemnitzii (G)	3
	Natica grayi (G)	1
	Natica lunaris (G)	1
	Natica sigillata (G)	2
Polinicidae		**79**
	Polinices bifasciatus (G)	3
	Polinices recluzianus (G)	28
	Polinices sp. (G)	39
	Polinices uber (G)	9
Neogasteropoda		**401**
Buccinidae		**1**
	Solenosteira anomala (G)	1
Columbellidae		**24**
	Mitrella carinata (G)	24
Conidae		**1**
	Conus (Asprella) arcuatus (G)	1
Nasariidae		**39**
	Nassarius tegulus (G)	39
Olividae		**71**
	Oliva incrassata (G)	31
	Oliva kaleontina (G)	1

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

		Oliva spicata (G)	18
		Olivella sphoni (G)	1
		Olivella (Dactylidella) anazora	1
		Olivella alba (G)	1
		Olivella altatae (G)	4
		Olivella dama (G)	1
		Olivella fletcherae (G)	3
		Olivella gracilis (G)	6
		Olivella steveni (G)	4
	Terebridae		**22**
		Terebra balaenorum (G)	15
		Terebra hindsii (G)	6
		Terebra ornata (G)	1
	Turridae		**243**
		Crassispira cerithoidea (G)	240
		Xanthodaphne egregia (G)	3
Prosobranquios			**1**
	Trochidae		**1**
		Calliostoma nepheloide	1
Total general			**1700**

Tabla 8. Relación sistemática de peces capturados con red agallera y charalera en las inmediaciones de Pichilingue, Muelle Fiscal, Bahía Falsa, Estero de Zacatecas y Coromuel, modificado de Balart et al. 1997 y Galván-Piña 1997.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Número
Chondrichthyes				**109**
	Carcharhiniformes			**3**
		Triakidae		**3**
			Mustelus californicus	3
	Heterodontiformes			**2**
		Heterodontidae		**2**
			Heterodontus francisci	1
			Heterodontus mexicanus	1
	Rajiformes			**104**
		Dasyatidae		**5**
			Dasyatis brevis	5
			Dasyatis longa	
		Gymnuridae		**5**

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

		Gymnura marmorata	5
	Narcinidae		
		Diplobatis ommata	
	Rajidae		
		Raja equatorialis	
	Rhinobatidae		**3**
		Platyrhinoides triseriata	
		Rhinobatus productus	3
		Zapteryx exasperata	
	Urolophidae		**91**
		Urolophus halleri	91
Squaliformes			
	Squatinidae		
		Squatina californica	
Osteichthyes			**7061**
Anguiliformes			**0**
	Congridae		
		Taeniconger digueti	
	Ophichthydae		**0**
		Myrophis vafer	0
		Ophictus zophochir	
Atheriniformes			**1**
	Atherinidae		**1**
		Atherinella eriarcha	1
Aulopiformes			**31**
	Synodontidae		**31**
		Synodus scituliceps	31
Batrachoidiformes			**6**
	Batrachoididae		**6**
		Porichthys analis	
		Porichthys myriaster	6
Beloniformes			**2**
	Belonidae		**1**
		Tylosurus exilis	1

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Hemiramphidae		**1**
	Hyporamphus rosae	1
	Hyporamphus unifasciatus	
Clupeiformes		**2856**
Clupeidae		**1555**
	Harengula thrissina	312
	Lile stolifera	549
	Opistonema libertate	405
	Sardinops sagax caeruleus	289
Engraulidae		**1301**
	Anchoa argentivittata	127
	Anchoa helleri	7
	Anchoa ischana	8
	Anchoa lucida	6
	Anchoa mundeola	141
	Anchoa mundeoloides	9
	Anchovia macrolepidota	546
	Cetengraulis mysticetus	457
Elopiformes		**35**
Abulidae		**11**
	Albula nemoptera	11
Elopidae		**24**
	Elops affinis	24
Gonorhynchiformes		
Chanidae		
	Chanos chanos	
Ophidiformes		
Carapidae		
	Encheliops dubius	
Perciformes		**3579**
Blennidae		**1**
	Hypsoblennius gentilis	1
Carangidae		**61**
	Carangoides vinctus	4
	Caranx hippos	6
	Chloroscombrus orqueta	4
	Hemicaranx leucurus	5
	Oligoplites altus	3

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Oligoplites saurus	3
Selar crumenophtalmus	2
Selene brevoorti	
Selene peruviana	3
Trachinotus paloma	31
Centropomidae	**1**
Centropomus nigrescens	
Centropomus robalito	1
Centropomus unionensis	
Chaetodontidae	
Chaetodon humeralis	
Eleotridae	**3**
Dormitator latifrons	
Gobiomorus maculatus	3
Ephippidae	**2**
Chaetodipterus zonatus	2
Gerreidae	**1793**
Diapterus aureolus	605
Diapterus brevirostris	
Eucinostomus dowii	590
Eucinostomus gracilis	
Eugerres lineatus	45
Gerres cinereus	553
Gobiidae	**9**
Bathygobius ramosus	
Ctenogobius sagittula	
Gillichthys mirabilis	5
Quietula ycauda	4
Grammistidae	**1**
Rypticus bicolor	1
Haemulidae	**43**
Conodon serrifer	11
Haemulon flaviguttatum	6
Haemulon maculicauda	5
Haemulon scudderi	4
Haemulon sexfasciatum	
Haemulon steindachneri	4
Ortopristis reddingii	
Pomadasis panamensis	

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

	Haemulopsis leuciscus	6
	Haemulopsis axillaris	7
Lutjanidae		**17**
	Hoplopagrus guenteri	3
	Lutjanus aratus	
	Lutjanus argentiventris	4
	Lutjanus colorado	3
	Lutjanus guttatus	3
	Lutjanus novemfasciatus	4
Mugilidae		**950**
	Mugil cephalus	615
	Mugil curema	335
	Mugil hospes	
Mullidae		
	Pseudopeneus grandisquamis	
Polynemidae		**292**
	Polydactilus approximans	292
Pomacanthidae		
	Pomacanthus zonipectus	
Pomacentridae		**3**
	Abudefduf troschelli	3
Scianidae		**366**
	Bairdiella icistia	85
	Cynoscion reticulatus	5
	Cynoscion xanthulus	15
	Larimus acclivis	2
	Menticirrhus undulatus	106
	Micropogonias altipinnis	97
	Ophioscion strabo	2
	Umbrina xanti	54
Scombridae		
	Auxis thazard	
Serranidae		**37**
	Diplectrum euryplectrum	8
	Diplectrum pacificum	
	Epinephelus analogus	1
	Myctoperca rosacea	2

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

	Paralabrax auroguttatum	2
	Paralabrax maculatofasciatus	23
	Serranus fasciatus	1
Sparidae		
	Calamus brachysomus	
Pleuronectiformes		**517**
Bothidae		
	Bothus leopardinus	
Cynoglossidae		**246**
	Achirus mazatlanus	98
	Symphurus atricauda	5
	Trinectes fonsecensis	143
Paralichthydae		**271**
	Citharichthys gilberti	172
	Cyclopsetta panamensis	27
	Etropus crossotus	9
	Paralichthys californicus	56
	Paralichthys woolmani	
	Syacuim ovale	7
Scorpaeniformes		**0**
Scorpaenidae		
	Scorpaena mystes	
	Scorpaena sonorae	
Triglidae		**0**
	Bellator horrens	0
	Prionotus albirostris	
	Prionotus ruscarius	
	Prionotus stephanophrys	
Siluriformes		**26**
Ariidae		**26**
	Ariopsis jordani	7
	Ariopsis planiceps	
	Bagre panamensis	2
	Galeichthys peruvianus	17
Syngnathiformes		**5**
Syngnatidae		**5**
	Syngnatus auliscus	4
	Pseudophallus starskii	1

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Tetraodontiformes			**3**
	Balistidae		**1**
		Balistes polylepis	1
	Diodontidae		**1**
		Diodon holocanthus	
		Diodon hystrix	1
	Tatraodontidae		**1**
		Sphoeroides annulatus	1
		Sphoeroides lobatus	
Total general			**7170**

Tabla 9. Lista sistemática de especies de tiburones encontradas en la Bahía de La Paz, B.C.S., modificada de Villavicencio et al. 1997.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Heterodontidae	*Heterodontus mexicanus*	Tiburón perro
Squatinidae	*Squatina californica*	Angelito
Rhincodontidae	*Rhincodon typus*	Tiburón ballena
Alopiidae	*Alopias* sp.	Zorro
Lamnidae	*Isurus oxyrhynchus*	Tintorera azul
Triakidae	*Mustelus lunatus*	Cristalino, cazón
Carcharinidae	*Carcharinus falciformis*	Piloto
Carcharinidae	*Carcharinus limbatus*	Sardinero
Carcharinidae	*Carcharinus obscurus*	Gambuso
Carcharinidae	*Galeocerdo cuvieri*	Tintorera chata
Carcharinidae	*Nasolamia velox*	Puro
Carcharinidae	*Prionace glauca*	Azul
Carcharinidae	*Rhizoprionodon longurio*	Bironche
Sphyrnidae	*Sphyrna lewini*	Cornuda barrosa
Sphyrnidae	*Sphyrna mokarran*	Cornuda arqueada
Sphyrnidae	*Sphyrna zygaena*	Cornuda prieta

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Tabla 10. Lista sistemática de mamíferos marinos presentes en la Bahía de La Paz (Modificada de Urbán et al. 1997, basada en las clasificaciones de King 1983, Klinowsaka 1991 y Reeves y Leatherwood 1994).

ORDEN	SUBORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Cetacea	Mysticeti	Balaenopteridae	*Balaenoptera musculus*	Ballena azul
			Balaenoptera physalus	Rorcual común
			Balaenoptera borealis	Rorcual de Sei
			Balaenoptera edeni	Rorcual Tropical
			Balaenoptera acutorostrata	Rorcual de Minke
			Megaptera novaeanglie	Ballena jorobada
		Eschrichtidae	*Eschrichtius robustus*	Ballena gris
	Odontoceti	Ziphiidae	*Mesoplodon peruvianus*	Mesoplodonte pigmeo
			Mesoplodon sp.	Mesoplodonte especie A
			Ziphius cavirostris	Zífido de Cuvier
			Berardius bairdii	Zífido de Baird
		Physeteridae	*Physeter macrocephalus*	Cachalote
		Kogiidae	*Kogia breviceps*	Cachalote pigmeo
			Kogia simus	Cachalote enano
		Delphinidae	*Steno bredanensis*	Delfín de dientes rugosos
			Lagenorhynchus obliquidens	Delfín de costados blancos
			Grampus griseus	Delfín de Risso
			Tursiops truncatus	Tursión
			Stenella attenuata	Delfín manchado pantropical
			Stenella longirostris	Delfín tornillo
			Stenella coeruleoalba	Delfín listado
			Delphinus delphis	Delfín común de rostro corto
			Delphinus capensis	Delfín común de rostro largo
			Peponocephala electra	Calderón pigmeo
			Pseudorca crassidens	Orca falsa
			Globicephala macrorhynchus	Calderón de aletas cortas
			Orcinus orca	Orca
Carnivora		Otariidae	*Zalophus californianus*	Lobo marino de California
			Arctocephalus townsendi	Lobo fino de Guadalupe
		Phocidae	*Phoca vitulina*	Foca común
			Mirounga angusturostris	Foca elefante del norte

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

CAPÍTULO 3
TRANSPORTE LITORAL
Y ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA DE 1978 A 2000 EN LA BARRERA ARENOSA EL MOGOTE, LA PAZ, B. C. S.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS ---------- 3-ii

LISTA DE FIGURAS ---------- 3-ii

3.1 INTRODUCCIÓN ---------- 3-1

3.2 ANTECEDENTES ---------- 3-2

3.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO ---------- 3-4

3.4 METODOLOGÍA ---------- 3-5

3.4.1 ANÁLISIS DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS ---------- 3-6
3.4.2 ANÁLISIS DE BANDAS ESPECTRALES DE SATÉLITE LANDSAT-7 ---------- 3-11
3.4.3 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO EMPÍRICO DE KAMPHUIS ---------- 3-11
3.4.4 PROCESAMIENTO DE DATOS BATIMÉTRICOS ---------- 3-12

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN ---------- 3-12

3.5.1 ANÁLISIS DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS ---------- 3-12
3.5.2 ANÁLISIS DE BANDAS ESPECTRALES DE SATÉLITE LANDSAT-7 ---------- 3-16
3.5.3 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO EMPÍRICO DE KAMPHUIS ---------- 3-17
3.5.4 PROCESAMIENTO DE DATOS BATIMÉTRICOS ---------- 3-19
3.5.5 SISTEMA DE TRANSPORTE LITORAL ---------- 3-23

3.6 CONCLUSIONES ---------- 3-26

ANEXOS ---------- 3-27

ANEXO 1. TASAS DE EROSIÓN Y DEPÓSITO POR SECCIÓN EN LA COSTA NORTE ---------- 3-27
ANEXO 2. TASAS DE DEPÓSITO POR SECCIÓN EN LA COSTA SUR ---------- 3-29
ANEXO 3. GLOSARIO ---------- 3-31

BIBLIOGRAFÍA ---------- 3-35

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

LISTA DE TABLAS

Tabla 3-1. Insumos fotográficos 3-6
Tabla 3-2. Rango de condiciones para el cálculo de transporte litoral 3-18

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1. Subambientes sedimentarios en la laguna (modificado de Green-Ruiz y Larrinaga-Cunningham, 1986) 3-2
Figura 3-2. Metodología utilizada 3-5
Figura 3-3. Niveles de marea para las fechas de adquisición de los insumos fotográficos 3-7
Figura 3-4. A) Fotografía de 1978; B) Mosaico de ortofotos de 1993; y C) fotografía del 2000 3-8
Figura 3-5. Proceso de corrección geométrica 3-9
Figura 3-6. Rejilla de norte a sur, con 200 m de amplitud sobre la costa y polígonos de erosión y depósito 3-10
Figura 3-7. Variables que intervienen en el cálculo del transporte litoral de Kamphuis 3-12
Figura 3-8. Zonas de erosión (Ei) y depósito (Dj) 3-14
Figura 3-9. Distribución de las tasas de erosión y depósito a lo largo de costa de El Mogote (1978-2000) 3-15
Figura 3-10. Batimetría e índice de turbidez calculado a partir de la imagen Landsat-7/ETM+ de diciembre de 1999 3-16
Figura 3-11. Rango de transporte litoral bruto (Q) en m^3/año 3-18
Figura 3-12. Delimitación de El Bajo y perfiles batimétricos a lo largo de 5 transeptos 3-19
Figura 3-13. Morfología de El Bajo y corrientes de reflujo 3-20
Figura 3-14. Métricas de El Mogote y geoformas aledañas (exageración vertical = 100) 3-21
Figura 3-15. Diagrama conceptual de los mecanismos de transporte litoral y principales aportes de sedimento 3-22
Figura 3-16. Balance sedimentario litoral en la zona de influencia del proyecto (fuentes de aporte y pérdidas de material sedimentario) 3-24
Figura 3-17. Principales rasgos morfológicos del fondo en la zona de influencia del proyecto 3-25

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

3.1 INTRODUCCIÓN

La evolución natural de la línea de costa depende principalmente de factores como altura y dirección del oleaje, tipo y tamaño del sedimento, mareas, corrientes litorales, tormentas y el aumento del nivel del mar (asociado al cambio climático). Estos factores interactúan en escalas espaciales distintas, definiendo patrones en la modificación del contorno de la línea de costa en diferentes escalas de tiempo.

Otro factor importante que interviene en alteración de la zona costera es el de origen antropogénico. Las actividades humanas pueden tener impactos significativos en el manejo de las costas, hasta el punto de degradarlas ambiental y socio-económicamente. La continua presión sobre las zonas costeras, sobretodo por la urbanización de playas o construcciones de obras civiles, han expuesto los problemas acarreados por los cíclicos periodos erosivos o de depositación en las playas. Los intentos de estabilizar este dinámico sistema han traído consecuencias negativas en la mayoría de los casos, ya que paradójicamente, las obras de ingeniería costera pueden proteger temporalmente las obras civiles, pero contribuyen a la erosión o azolve de las playas aguas abajo y arriba de las estructuras, respectivamente (Patiño-León, 2002).

El objetivo principal del monitoreo de la línea de costa es el de entender el patrón de los ciclos erosivos y de acreción de una área determinada, para poder manejar datos de predicción confiables que puedan ser luego incorporados en las políticas de planificación de usos de suelo como áreas en peligro de erosión o de azolve. El desarrollo sustentable de una región implica entender y actuar tomando en consideración los procesos físicos que controlan tales ambientes para evitar su degradación por causas antropogénicas.

Durante las últimas décadas, el desarrollo de las poblaciones en el litoral se ha incrementado drásticamente. Los resultados conflictivos de este desarrollo se vienen haciendo cada vez más evidentes, expresados en las pérdidas de construcciones e infraestructura cercana a la línea de costa. La planificación y el ordenamiento territorial de zonas costeras se han hecho imprescindibles, sobretodo ante un inminente incremento en el nivel medio del mar, el cual acelera los procesos de erosión marina, generando, en algunas zonas, un rápido retroceso de la línea de costa. Países con importantes centros urbanos expuestos a esta variación de la línea de costa y a las grandes pérdidas económicas resultantes, se han visto en la necesidad de crear organismos que evalúen y cuantifiquen las tasas de erosión costera, como la Agencia de Manejo Federal de Emergencia (FEMA) en Estados Unidos o la Conferencia Activa de Problemas Asociados a la Línea de Costa (SCOPAC) en el Reino Unido (Patiño-León, 2002).

Para caracterizar tal proceso de transporte es necesario conocer las características, tanto de las fuentes de aporte como del material sedimentario, así como los parámetros de las fuerzas que controlan su movimiento desde (erosión) y hacia (acreción) diferentes ubicaciones de la zona costera, dentro de un sistema en el que estos factores interactúan para dar lugar a cambios en la morfología de las costas.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

3.2 ANTECEDENTES

En la Bahía y Laguna de La Paz, se han llevado a cabo trabajos que describen sus características físicas y morfológicas proporcionando algunos elementos que contribuyen a caracterizar el transporte litoral y su influencia en la evolución de las costas (Ramírez-Urbán et al., 1997).

Green-Ruíz y Larrinaga-Cunningham (1986) analizaron carbonatos, carbono orgánico, fosfatos, minerales pesados y parámetros texturales de muestras sedimentarias de la Laguna de La Paz. A partir de esta información definieron seis subambientes sedimentarios (Fig. 3-1):

1. Área de alta energía asociado al canal de mareas.
2. Área de alta energía modificada por el vertido de aguas residuales en el margen sureste de la laguna.
3. Asociado a las mayores profundidades de la parte norte del interior de la laguna y probablemente a bajas energías
4. Área de depósito de sedimentos transportados por el viento desde la barrera arenosa.
5. Zona de sedimentos retrabajados provenientes de un antiguo depósito aluvial que aflora en la margen occidental de la laguna y que se expresa morfológicamente como una punta (Punta Comitán).
6. Antiguo depósito de sedimentos biogénicos calcáreos compuesto principalmente de conchas de almejas.

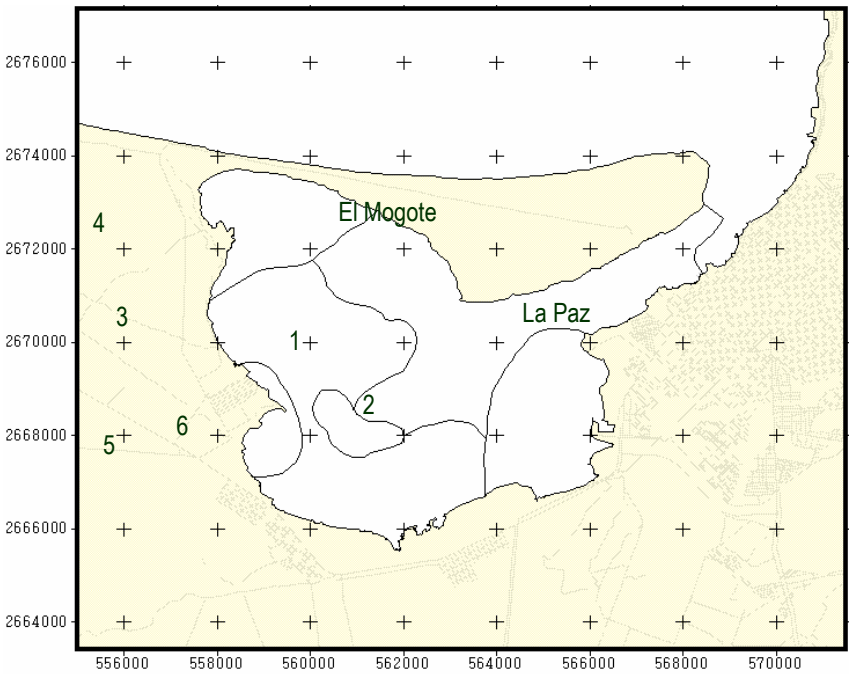


Figura 3-1. Subambientes sedimentarios en la laguna (modificado de Green-Ruiz y Larrinaga-Cunningham, 1986).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

Cruz-Orozco et al. (1989), distinguen tres regiones en las márgenes de la laguna de acuerdo a las características texturales de los sedimentos; una compuesta por arena fina bien seleccionada sobre la margen norte del canal de mareas, otra formada por una mezcla de arena y limo al norte y occidente de la parte lagunar interna, y la última, una mezcla de arena, limo y arcilla con abundantes restos de detritos de manglar en el sur y sureste del interior de la laguna.

Brambila-Miranda (1989), registró variaciones en perfiles de playa del sur de la bahía, especialmente en la margen norte de El Mogote, en la costa contigua a la Ciudad de La Paz, y al norte de ésta. Concluyó que en el extremo oriental de la barrera arenosa está bien definido un régimen erosivo invernal y otro depositacional en verano. Para las playas contiguas a la ciudad, los perfiles son muy estables sin que se releve una clara distinción estacional de los procesos costeros aunque señala que parecen estar controladas por las corrientes de marea. Al observar empíricamente las tendencias de depósito en los espigones colocados perpendiculares a la costa en las playas contiguas a la ciudad, se puede ver que es mayor la acumulación sobre el flanco noreste de los espigones, lo que sugiere que el oleaje tiene mayor importancia en el aporte de sedimentos hacia esas playas. Según el autor, esta información es consistente con el hecho de que las playas de la ciudad de La Paz están protegidas por la barrera arenosa de la energía proveniente de la bahía en forma de oleaje y viento. La parte norte y oriental de la barrera arenosa está más expuesta a los regímenes de marea, oleaje y viento procedentes de la bahía, lo que produce cambios estacionales más notorios en los procesos costeros.

Osuna-Valdez (1986) analizó cinco núcleos de sedimentos procedentes del subfondo de la laguna y encontró un horizonte con globigerinas que usó como guía para correlacionarlos y determinar las tasas relativas de depósito en diferentes localidades. De esta forma concluyó que de los sitios estudiados el que se encuentra frente a Chametla, presenta las mayores velocidades de sedimentación, hacia la parte norte las tasas de depósito van siendo menores pero el núcleo que se obtuvo en la barrera arenosa no se alcanzó la capa guía, lo que hace suponer velocidades de sedimentación muy altas en el sitio.

Sobre la barrera arenosa, Mendoza-Maravillas (1990) describe la existencia de campos de dunas activos y escarpes de erosión en su parte occidental, cordones de playa antiguos y vados, donde la barrera se hace más ancha, y pantanos de manglar, marismas y ganchos de depósito sobre la margen sur de la barrera. Para las dunas se observó un comportamiento estacional controlado por los vientos de verano (procedentes del sur) y de invierno (del norte).

El transporte litoral inducido por oleaje ha sido estimado por Peredo-Jaime (en Ramírez-Urban et al., 1997) para la margen norte de la barrera arenosa empleando información de la intensidad y duración del viento. Con metodología del Centro de Investigación en Ingeniería Costera de los Estados Unidos, calculó que el transporte fue del orden de 122,400 m^3 durante 1988.

Con relación a la historia geológica de la barrera arenosa y de la laguna, su formación está relacionada con el proceso de ascenso holocénico del nivel del mar y con el transporte litoral de sedimentos desde la margen occidental de la bahía. Según los autores (Osuna-Valdez, 1986; Nava-Sánchez y Cruz-Orozco, 1989 en Ramírez-Urban et al., 1997), estos sedimentos así transportados se han ido depositando formando la barrera arenosa. Esta barrera ha sido resultado del desarrollo

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

de diferentes tipos de depósito, como cordones de playa, campos de dunas y ganchos que tienden a crecer de oeste a este. Se han propuesto modelos de evolución de la laguna y su barrera, sugiriendo que el origen de su formación fue hace 5 a 6 mil años.

3.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objetivo general del presente trabajo es determinar las zonas de erosión, depositación o estables en la línea de costa de El Mogote, así como calcular las tasas anuales de cambio y el transporte litoral neto.

Los objetivos particulares son:

- Analizar la evolución de la línea de costa en la barrera arenosa El Mogote para un periodo de dos décadas.
- Estimar el transporte litoral.
- Identificar los factores que ejercen mayor influencia en estos cambios.
- Proponer un esquema conceptual de los mecanismos y efectos del transporte.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

3.4 METODOLOGÍA

Con la finalidad de evaluar las tasas de cambio en la línea de costa de la barrera arenosa El Mogote, así como el transporte litoral en el área de influencia, se utilizaron las siguientes metodologías para integrar los resultados de estas observaciones en un diagrama conceptual.

- Análisis de fotografías aéreas
- Análisis de bandas espectrales de satélite Landsat-7
- Implementación del modelo empírico de Kamphuis
- Procesamiento de datos batimétricos
- Análisis de sedimentos

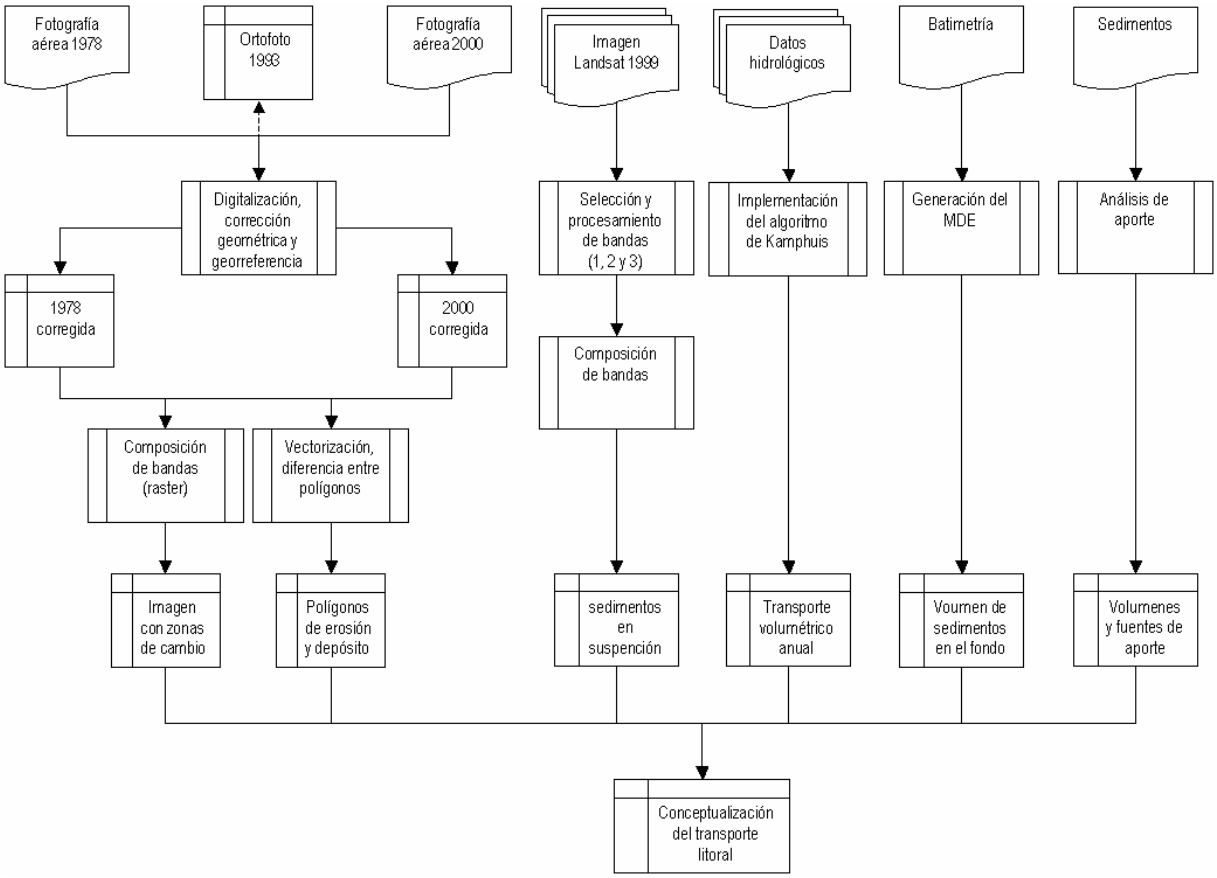


Figura 3-2. Metodología utilizada

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

3.4.1 Análisis de fotografías aéreas

En el caso de la caracterización de cambios superficiales, la metodología exige una fuente de información que permita reconstruir las líneas de costa y tratarlas como una línea (no como medidas puntuales) y para ello las fuentes de información más utilizadas son la cartografía, la fotografía aérea, la teledetección y los levantamientos topográficos. Los más utilizados, sin duda, son los dos primeros ya que tienen un mayor recorrido temporal retrospectivo.

El primer punto a considerar en nuestro análisis, consistió en identificar las fuentes disponibles para la región. Uno de los principales insumos para digitalizar líneas de costa históricas son las imágenes de satélite y fotografías aéreas de mediana a gran escala. Otro factor importante, es la condición de marea en el momento de la obtención de las fotografías.

En este caso utilizamos fotografías aéreas y una ortofoto digital, ya que éstas ofrecen mayor resolución espacial que las imágenes de satélite disponibles en el momento del estudio. De las fotografías recopiladas, seleccionamos las que comprendían un periodo de tiempo mayor; y que además las condiciones de marea hubieran sido similares en el momento de su obtención. De esta manera, seleccionamos las imágenes de octubre de 1978 y de septiembre del 2000. La siguiente tabla muestra las características de los insumos seleccionados para llevar a cabo el análisis.

AÑO	MES,DÍA	TIPO DE INSUMO	FUENTE	ESCALA
1978	Octubre, 8	Fotografía aérea	CETENAL	1:80,000
1993	Abril, 26	Ortofoto digital	INEGI-SINFA	1:20,000
2000	Septiembre, 2	Fotografía aérea	INEGI-SINFA	1:75,000

Tabla 3-1. Insumos fotográficos

La Figura 3-3 muestra las condiciones de marea con resolución temporal de una hora para los días en los que fueron captadas las fotografías. Se puede observar que los días 8 de octubre de 1978 y 2 de septiembre del 2000, el nivel de la marea fue de aproximadamente 50 cm SNMM entre las 9:00 y las 12:00 (periodo durante el cual fueron tomadas). La ortofoto del 26 de abril 1993, muestra un desfase de 80 a 60 cm con respecto a los niveles mencionados anteriormente, durante el mismo periodo de tiempo. Por esta razón, la ortofoto únicamente se utilizó para especificar los puntos de control y no para hacer el análisis de cambio.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Hora	1978 Oct, 8	1993 Abr, 26	2000 Sep,2
0:00	0.04	0.25	0.35
1:00	0.05	0.02	0.2
2:00	0.04	-0.21	0.04
3:00	0.03	-0.4	-0.11
4:00	0.04	-0.55	-0.2
5:00	0.07	-0.62	-0.22
6:00	0.13	-0.63	-0.16
7:00	0.21	-0.58	-0.01
8:00	0.3	-0.47	0.18
9:00	0.4	-0.35	0.36
10:00	0.47	-0.24	0.49
11:00	0.51	-0.16	0.54
12:00	0.49	-0.13	0.5
13:00	0.44	-0.14	0.39
14:00	0.34	-0.16	0.23
15:00	0.23	-0.17	0.07
16:00	0.11	-0.16	-0.07
17:00	-0.01	-0.1	-0.16
18:00	-0.12	0	-0.17
19:00	-0.19	0.14	-0.1
20:00	-0.24	0.29	0.02
21:00	-0.24	0.41	0.16
22:00	-0.21	0.46	0.26
23:00	-0.16	0.42	0.3

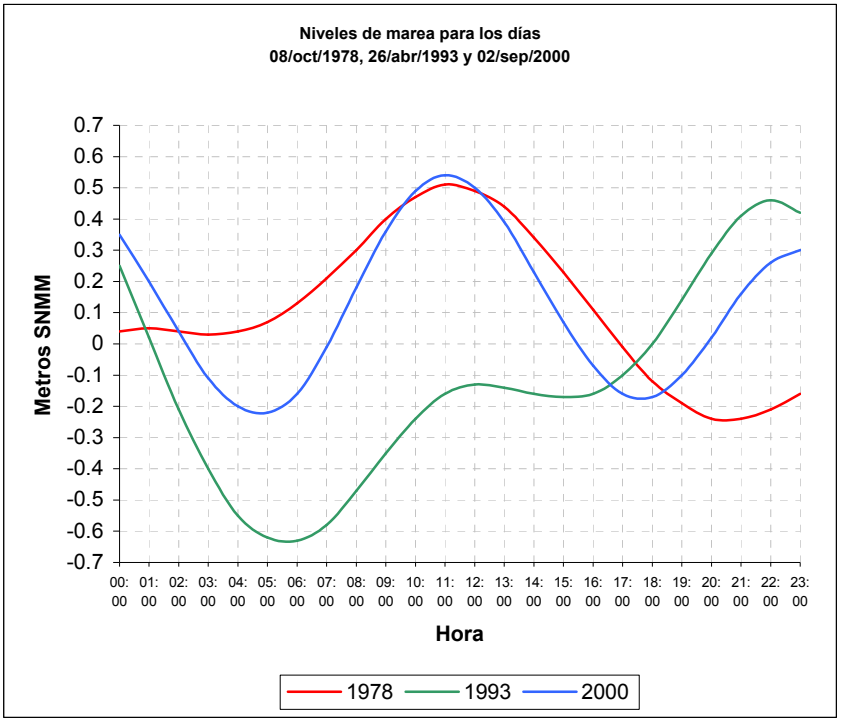


Figura 3-3. Niveles de marea para las fechas de adquisición de los insumos fotográficos

La medición de los cambios y el cálculo de las tasas de erosión exigen el establecimiento de un procedimiento metodológico que permita su comparación y medición geométrica.

Este procedimiento de comparación no es un tema banal cuando la línea de costa se ha extraído de documentos o con instrumental técnico que posee su propia geometría. Los procedimientos metodológicos para pasar de un sistema de referencia geométrico a otro están perfectamente definidos, pero hasta muy recientemente estaban ligados a tediosos procedimientos óptico / mecánicos y laboriosos cálculos matemáticos.

La incorporación de la informática en las técnicas cartográficas (el tratamiento digital de imágenes y los sistemas de información geográfica [SIGs]), permiten de forma bastante precisa pasar cualesquiera de estos documentos a un sistema de referencia común (Zújar-Ojeda, 2000; Patiño-León, 2002; Rush y Ollerhead, 2000).

En virtud de que nuestro análisis retrospectivo incorpora insumos fotográficos analógicos y digitales de diferentes escalas (Tabla 3-1), fue necesario uniformizar la resolución espacial, con respecto a la ortofoto digital, a dos metros por píxel. Cuando el documento se digitaliza en formato raster o se suministra en este formato, existen procedimientos de corrección geométrica utilizando puntos de control homólogos (rectificación geométrica).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Tomando como base la ortofoto digital (INEGI, 26 de abril de 1993) obtuvimos los puntos de control que servirían para llevar a cabo esta corrección geométrica en las fotografías aéreas, con lo cual se orientaron de manera uniforme (transformaciones de rotación, traslación y escala), georreferenciándolas al sistema de coordenadas UTM, datum WGS84, con un error cuadrático medio menor a un metro.

Para procesar estas imágenes usamos el sistema de información geográfica ArcView 3.2a (ESRI, 1996), así como los módulos Spatial Analyst 2.0a (ESRI, 1996) e Image Analyst 1.1 de ESRI/ERDAS (1998-2000), y el software Aerial Imagery Corrector 1.4 de TatukGIS (2001-2003).

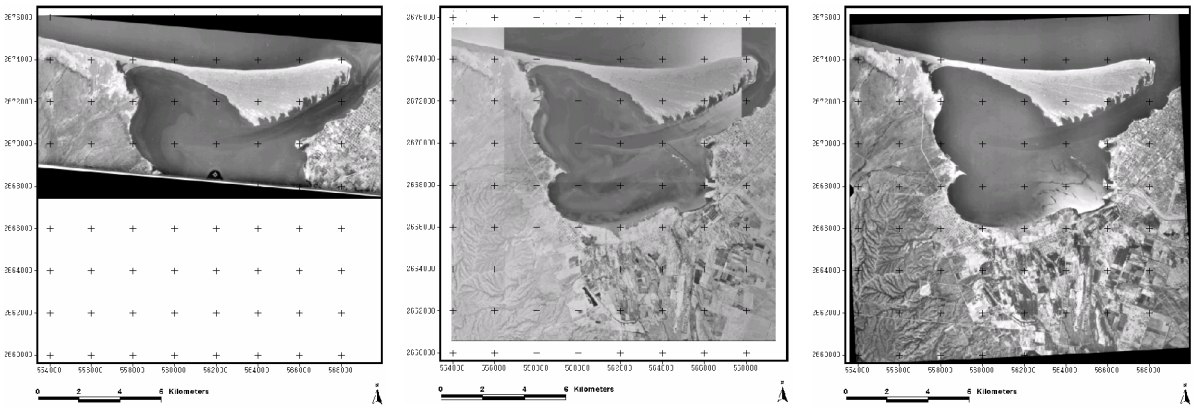


Figura 3-4. A) Fotografía de 1978; B) Mosaico de ortofotos de 1993; y C) fotografía del 2000

Un aspecto básico pero importante a considerar en el proceso de corrección geométrica, es el no especificar ubicaciones del elemento mismo a representar, tomando en cuenta el dinamismo de la línea de costa. Existe un potencial número de elementos geomorfológicos que pueden ser usados hacia el interior de la barrera arenosa.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

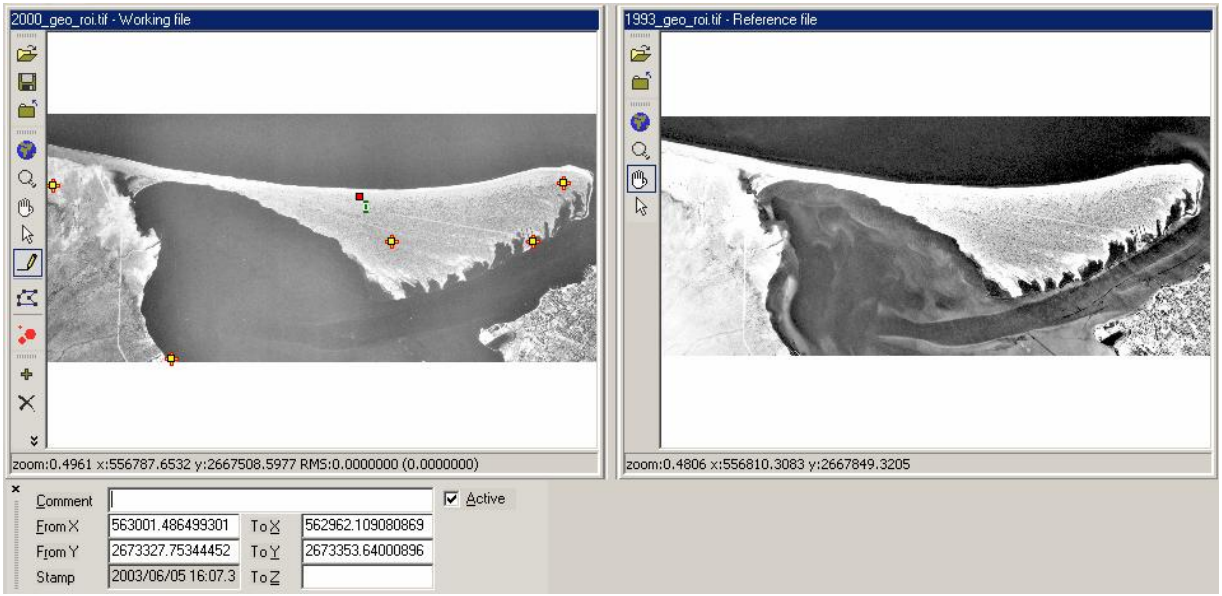


Figura 3-5. Proceso de corrección geométrica

Una vez que las imágenes digitales comparten un mismo sistema de referencia geométrico, llevamos a cabo el proceso de composición, mediante el cual obtuvimos una imagen en falso color a partir de imágenes de diferente fecha, asignando un color primario a cada una. En este caso, a la fotografía de 1978 se le asignó rojo y a la del 2000 azul. Los valores de los píxeles en las imágenes combinadas, varían de 0 a 255. Los píxeles con valores altos están representados con tonos claros, mientras que los que tienen valores bajos aparecen con tonalidades obscuras.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

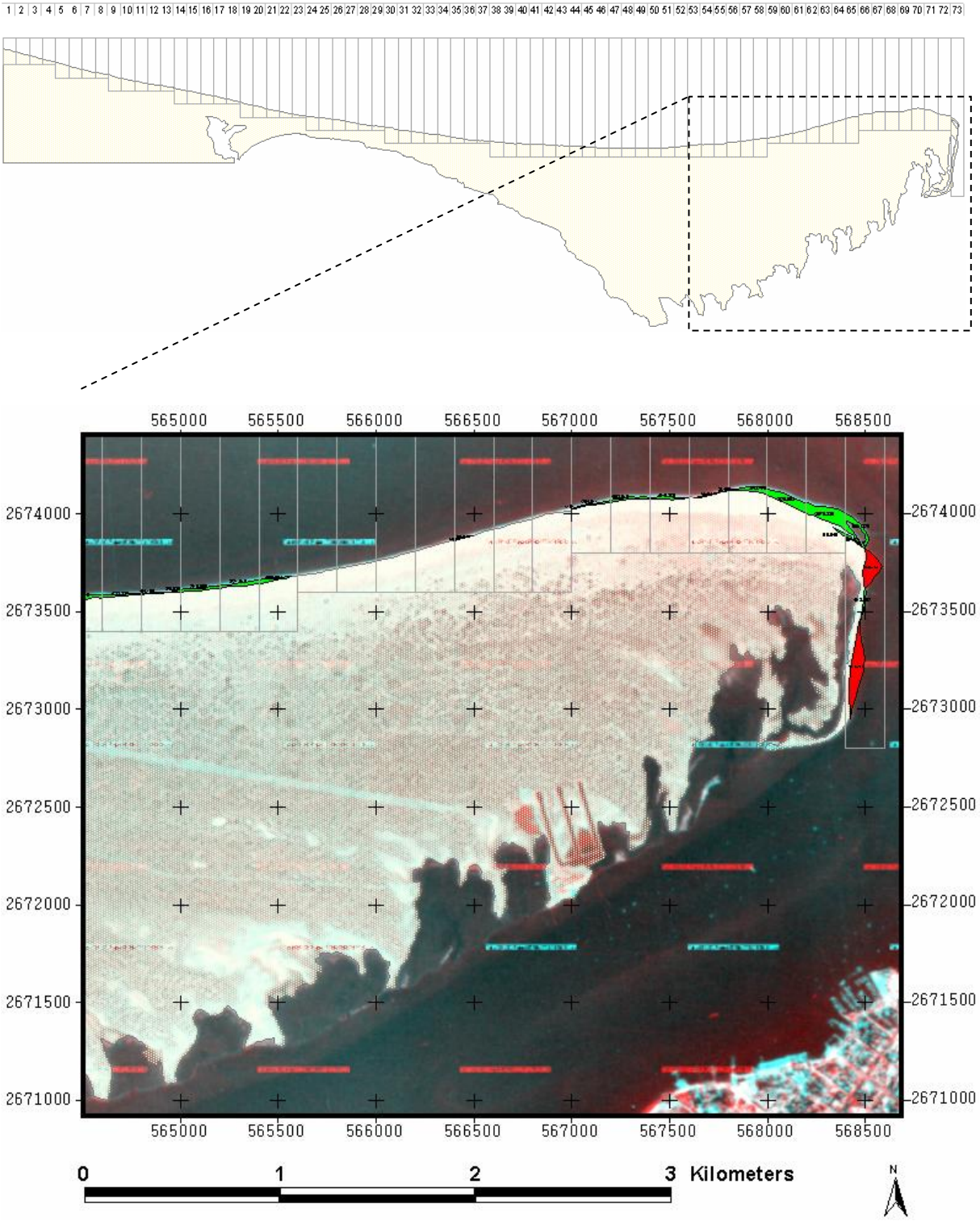


Figura 3-6. Rejilla de norte a sur, con 200 m de amplitud sobre la costa y polígonos de erosión y depósito

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Adicionalmente al análisis de composición de imágenes, y con la finalidad de calcular las tasas de erosión/depósito, fue necesario digitalizar las líneas de costa de ambos años (1978 y 2000), con lo cual obtuvimos los polígonos correspondientes. Mediante operaciones de diferencia e intersección entre polígonos estimamos las zonas de erosión y depósito para este periodo, y medimos la superficie de estos rasgos en m^2.

Para calcular la tasa de cambio, dividimos la costa norte de El Mogote en 73 tramos longitudinales de 200 m a lo largo de 14.6 km (Fig. 3-6). Intersectamos las áreas de erosión/depósito con estas secciones para calcular las tasas de cambio medias mediante la división de las áreas por el número de años del periodo a evaluar (22). El resultado está dado en m^2/año por cada 200 metros lineales de costa. Según Zújar-Ojeda (2000), este método es bastante efectivo cuando la diferencia entre fechas es de varios años o décadas, ya que este periodo temporal filtra gran parte de la variabilidad espacial de la erosión. Además, tiene la ventaja de tener mayor precisión de las mediciones, la conservación de continuidad espacial y el valor implícito en los datos de superficie.

3.4.2 Análisis de bandas espectrales de satélite Landsat-7

La metodología adoptada consiste en el cálculo de un índice de turbidez basado en la razón de tres bandas de la imagen de satélite Landsat 7/ETM+ del 8 diciembre de 1999. El tratamiento digital de las imágenes puede ser subdividido en: a) preprocesamiento para la conversión de los niveles digitales a reflectancia; b) aplicación de una máscara para restricción de cuerpos de agua; c) utilización de un índice de turbidez basado en la razón de tres bandas (0.45- 0.52, 0.52- 0.60, 0.63- 0.69 µm).

Para el tratamiento de las imágenes utilizamos el software MultiSpec v2.5 de Purdue Research Fundation (1995-2002), ArcView 3.2a y el módulo Image Analyst 1.1.

Estas bandas registran la emisión electromagnética de onda corta, por lo que alcanzan a penetrar la superficie del mar. El valor de intensidad de píxeles en la imagen para esta composición, destaca tanto las zonas someras, como la distribución de sedimento en suspensión para la época de obtención de la imagen (Fig. 3-10).

3.4.3 Implementación del modelo empírico de Kamphuis

Para este modelo, la cuantificación de cambio de la línea de costa, expresada en tasas de erosión/depósito, depende del transporte anual de sedimentos a lo largo de la costa expresado como volumen. Para hacer esta aproximación, utilizamos la fórmula propuesta por Kamphuis (1991) (en Wang-P., 2002 y Kamphuis, 2002), en la que el autor considera la influencia de las variables que se muestran en el esquema de la Figura 3-7. Para desarrollar el algoritmo utilizamos el lenguaje de programación Matlab 6.0 de MathWorks, Inc. (1984-2000).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

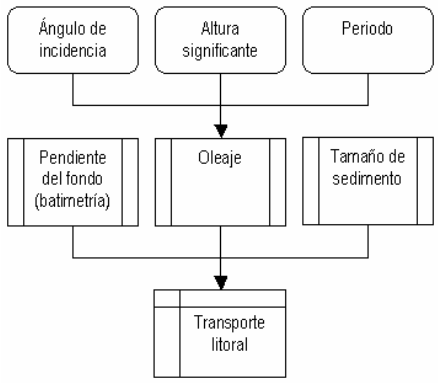


Figura 3-7. Variables que intervienen en el cálculo del transporte litoral de Kamphuis

El autor se basó en una serie de estudios en laboratorio y en el examen de datos existentes, para desarrollar una fórmula empírica que evalúa la tasa de transporte de sedimento a lo largo de la costa. Según Schoonees y Theron (1993, 1996) (en Kamphuis, 2002), el método ha producido resultados confiables con datos de varias localidades del mundo.

3.4.4 Procesamiento de datos batimétricos

Los datos de batimetría fueron obtenidos con el ecosonda modelo Raytheon V8010 con GPS integrado, durante cuatro días de campaña en las inmediaciones del área de estudio. Estos datos fueron procesados con el lenguaje de programación Matlab 6.0 para generar el modelo digital de elevación, el mapa de isobatas y el cálculo de volúmenes de áreas específicas (Fig. 3-14).

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.5.1 Análisis de fotografías aéreas

Un aspecto importante del análisis de fotografías aéreas fue el hecho de disponer de los insumos que comprendieran un periodo suficientemente amplio, en los que además, las condiciones de marea fueron muy similares en el momento de su obtención.

Si se hubiera trabajado con fotografías de fechas muy próximas, existiría el inconveniente de que al tratarse de medidas puntuales, la estimación pudiera verse afectada por procesos erosivos de carácter local. Es decir, aunque a largo/medio plazo, las costas erosivas retroceden de forma mas o menos homogénea, a escalas temporales cortas los procesos erosivos se pueden ver muy influenciados por fenómenos locales que enfoquen el oleaje en algunos sectores específicos o por la presencia de formas rítmicas y móviles (megacúspides, ondulaciones longitudinales) y por lo tanto, las medidas pueden ser sustancialmente diferentes (Zújar-Ojeda, 2000; Fenster-M.S., 2001).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

Este análisis tiene a su favor su "recorrido temporal" por lo que expresa la información de los cambios a mediano plazo. Según Zújar-Ojeda (2000) esta técnica es útil, siempre y cuando en el tramo costero no se hayan introducido cambios sustanciales, sobre todo de carácter antrópico, que hayan modificado su comportamiento dinámico (por ejemplo la construcción de diques o puertos que interrumpan el tránsito sedimentario longitudinal).

En cuanto a la composición de imágenes 1978-2000, las formas que aparecen en tonalidades rojas en las porciones cercanas a la línea de costa representan zonas del año 2000 con valores de píxeles altos, combinados con valores de píxeles bajos de 1978. Esta combinación resalta algunos cambios en el transporte de sedimento a lo largo de la costa norte de El Mogote. Como se puede observar en este acercamiento a la zona en la que se produce mayor actividad de transporte de sedimento (Fig. 3-8), existen tres áreas de acumulación (Di), y otras tres que reflejan un proceso de erosión (Ej). Estos rasgos alternados sugieren un mecanismo de transporte hacia la porción este de El Mogote. Nava-Sánchez, et al. (1989), concluyen que fue este mecanismo de transporte de sedimentos el que dio origen a la barrera arenosa y que inició hace 6 mil años.

Este transporte de sedimentos combinado con las corrientes de flujo y reflujo en el canal adyacente a la barrera arenosa inducen la acreción de cordones de playa en forma de ganchos, como los que aparecen en la fotografía de la Figura 3-8, en donde puede observarse un pequeño gancho en formación (D2).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

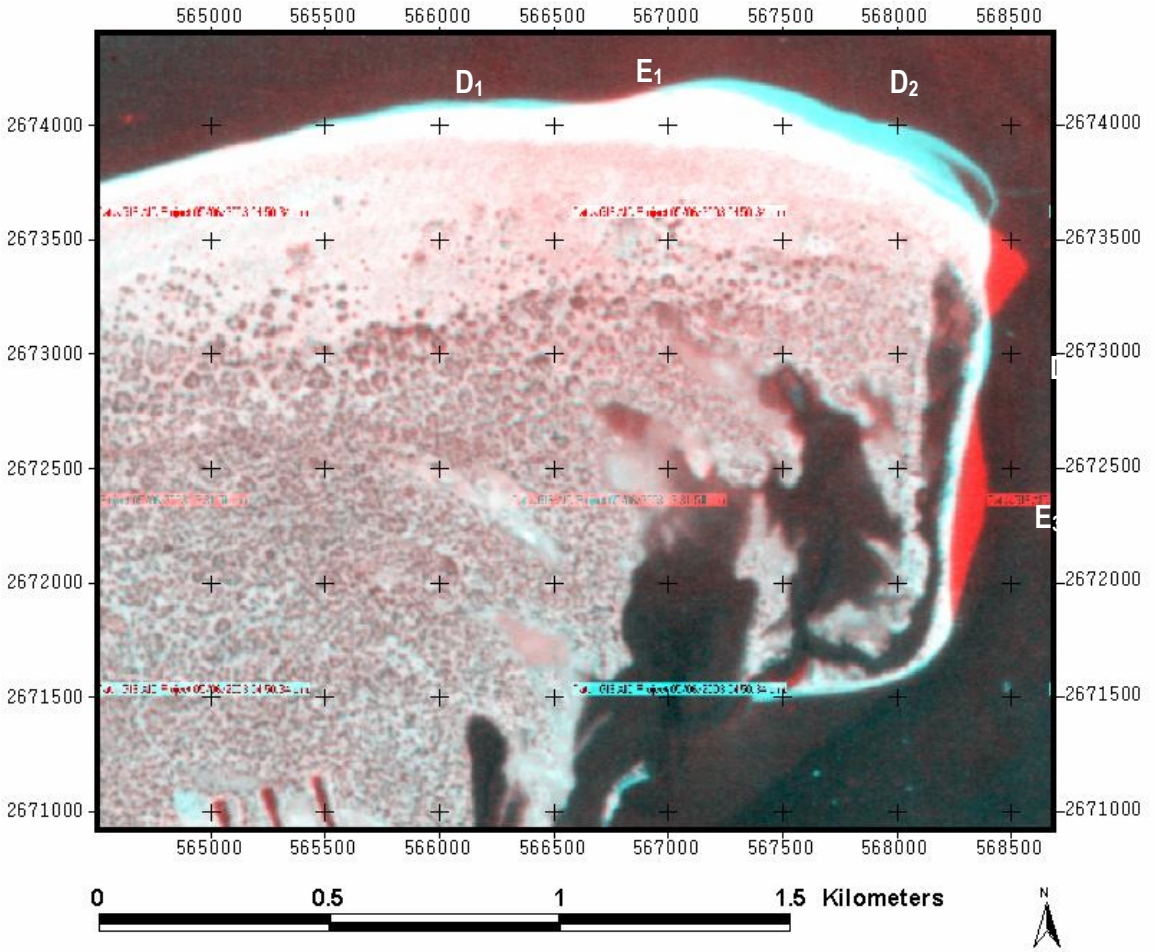


Figura 3-8. Zonas de erosión (E_i) y depósito (D_j)

La comparación de dos líneas de costa y la conversión del espacio erosionado o acumulado en polígonos para calcular superficies y las tasas en secciones longitudinales de 200 m, nos permitió delimitar con mayor precisión dónde empiezan y terminan los tramos erosivos (Figura 3-9). En el Anexo 1, se muestran las tasas para cada sección de costa. A partir de estos datos calculamos la tasa anual de depósito en 4,349 m^2, y la de erosión en 2,357 m^2. El resultado neto es una acreción (en la línea de costa norte de El Mogote) de 1,992 m^2 anuales, durante el periodo en estudio. Con la información de los perfiles de playa estimamos un espesor promedio de 0.80 m (desde la cara superior de la playa a la inferior), con lo que calculamos la tasa de acreción en 1,593 m^3 anuales.

En general, la modificación de la línea de costa al interior de la Laguna de La Paz (en la zona de manglar), está dada por el cambio en la cobertura vegetal, más que por un aporte o erosión de sedimentos. Hacia el oeste, encontramos las mayores tasas de depósito de sedimentos, lo cual coincide con lo señalado por Osuna-Valdez (1986) y por Green-Ruiz et al (1986). Calculamos la tasa de acreción anual para esta zona en 1,100 m^2 (Anexo 2).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

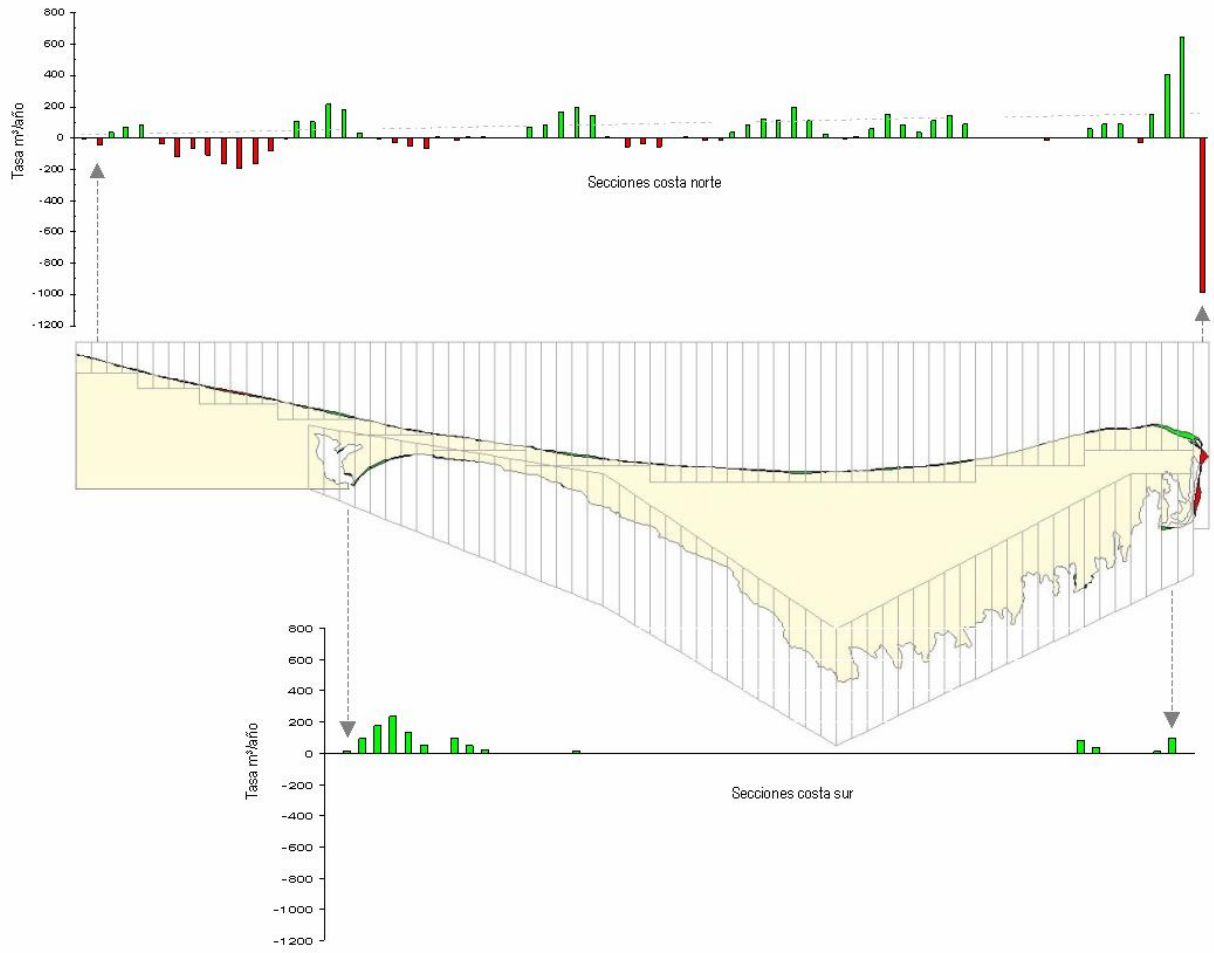


Figura 3-9. Distribución de las tasas de erosión y depósito a lo largo de costa de El Mogote (1978-2000)

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

3.5.2 Análisis de bandas espectrales de satélite Landsat-7

Aunque la imagen representa las condiciones de transporte para la época en que fue captada, existen evidencias de que estos patrones de transporte se presentan para otras estaciones del año en la bahía, como los trabajos de Salinas-González (1997 y 2000), Obeso-Nieblas (1996) y más recientemente con los análisis numéricos de Gutiérrez-de Velasco (comunicación personal, 2003).

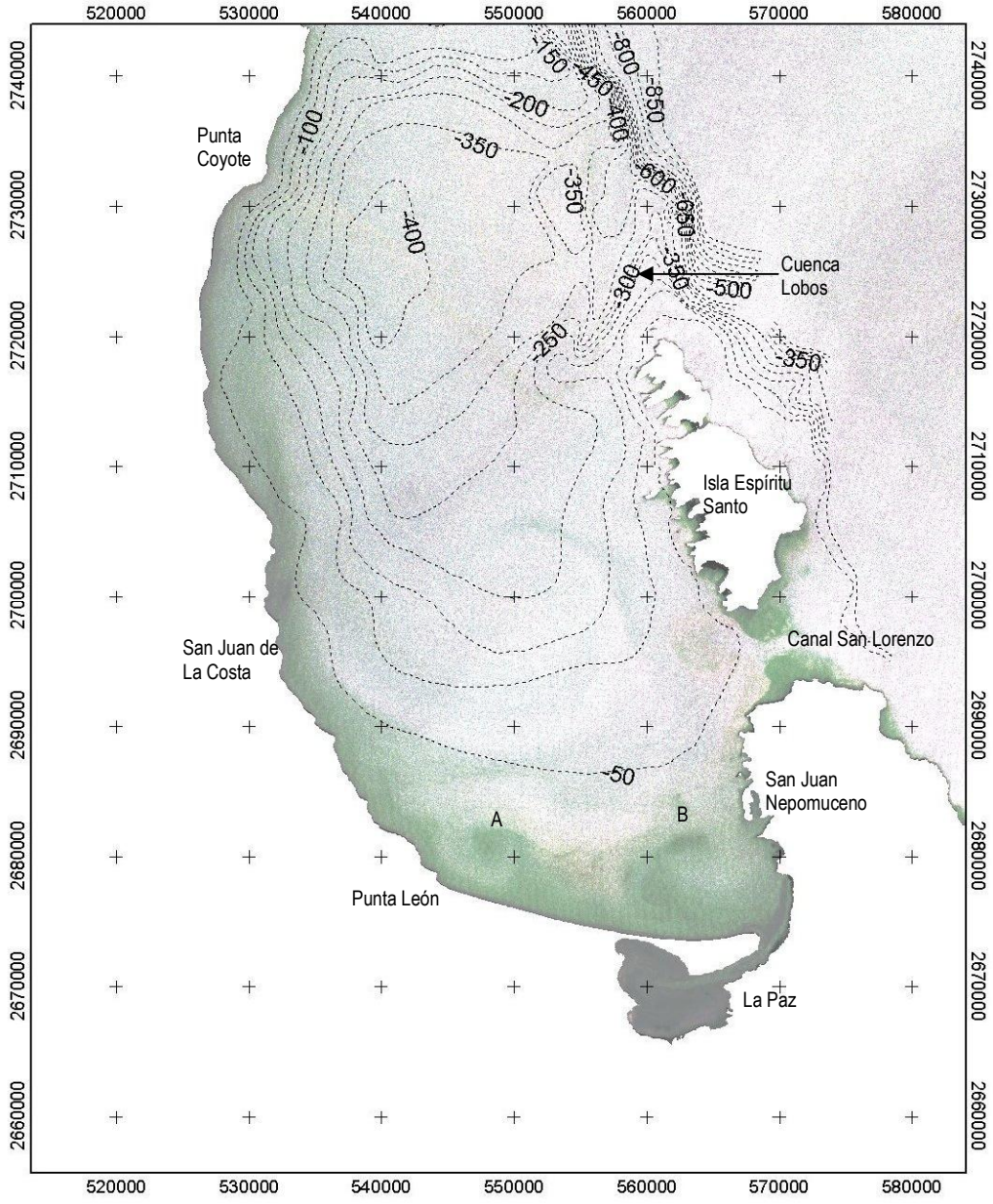


Figura 3-10. Batimetría e índice de turbidez calculado a partir de la imagen Landsat-7/ETM+ de diciembre de 1999

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

En el caso particular de esta imagen, destacan tres estructuras desde el punto de vista hidrodinámico: Un gran giro ciclónico en la parte central de la bahía, formado por el flujo que entra desde la Cuenca Lobos, al norte de la Isla Espíritu Santo, siguiendo por la costa oeste en dirección sur, hasta alcanzar la isobata de los 50 metros, en donde aparentemente la batimetría somera induce el giro. Las otras dos estructuras son giros que se encuentran al norte y noroeste de la barrera arenosa, uno ciclónico y otro anticiclónico (A y B respectivamente en la Fig. 3-10). Un remanente de la energía que forma el gran giro sigue su desplazamiento hacia el sur, en donde la energía se reduce gradualmente por efecto de la zona somera (< 50 m).

La corriente que entra desde el Canal San Lorenzo, combinada con la forma parabólica de la porción somera (16 m) entre San Juan Nepomuceno y El Mogote, induce el giro anticiclónico justo al norte de El Mogote extendiéndose a lo largo de aproximadamente 7 Km (B en la Fig. 3-10).

Aunque con la información derivada del análisis de la imagen no podemos determinar la evolución, permanencia y características específicas de estos giros, inferimos, por las condiciones de marea, viento y batimetría, que estos se presentan durante gran parte del año, pero de forma más intensa en verano, cuando la dirección predominante del viento es del sur, contribuyendo a que la tasa de sedimentación sea menos intensa de lo que podría ser en ausencia de la corriente que forma el giro A hacia la punta El Mogote, pues éste provoca que parte del sedimento se distribuya en dirección contraria al transporte neto (al oeste) induciendo también un transporte de sedimento en dirección al norte de la bahía.

La presencia y permanencia de estos giros también ayudaría e explicar la acumulación de objetos flotantes en la playa norte de El Mogote, provenientes tanto del este como del oeste del mismo.

3.5.3 Implementación del modelo empírico de Kamphuis

Dado que el cambio de la línea de costa es en definitiva un proceso tridimensional (pérdida o acumulación de sedimentos, donde el retroceso lineal no es más que una de sus expresiones), la evaluación más precisa de sus efectos morfométricos sería el cuantificar el volumen de erosión/depósito y expresarlo en una tasa volumétrica (m^3/año).

A partir de los datos de oleaje medidos in situ por Troyo-Diéguez (2003), seleccionamos los más representativos de las condiciones de verano e invierno. Así mismo, a partir de perfiles de playa y datos de sedimento disponibles, se obtuvieron los valores de la pendiente de la playa y tamaño de sedimento, parámetros que según Kamphuis (2002), deben ser considerados en el cálculo del transporte litoral. Con los datos seleccionados se calculó la tasa de transporte anual para el verano e invierno. Además se calculó el transporte para una serie de 3,600 combinaciones que resultan de utilizar el rango de valores de las variables que se presentan en la Tabla 3-2 y que incluye desde condiciones de calma hasta condiciones extremas.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

VARIABLE	UNIDAD	INTERVALO		INCREM	VERANO	INVIERNO
		DESDE	HASTA			
Periodo del oleaje (T_p)	s	5.00	10.0	1.00	5.00	6.00
Altura significante (H_{sb})	m	0.20	1.0	0.20	0.60	0.80
Angulo de incidencia (θ_b)	°	5.00	15.00	5.00	15.00	5.00
Pendiente del fondo (m)	proporción	0.03	0.1	0.01	0.10	0.10
Tamaño del sedimento (d)	mm	0.10	0.5	0.10	0.25	0.25

Tabla 3-2. Rango de condiciones para el cálculo de transporte litoral

Kamphuis (2002) establece la siguiente relación entre las variables (Tabla 3-2):

$$Q = 6.4 \times 10^4 \, H_{sb}^2 T_p^{1.5} m^{0.75} d^{-0.25} \sin^{0.6}(2\theta_b)$$

A partir de esta fórmula, realizamos el cálculo del transporte en m³/año, obteniendo los resultados para cada combinación de valores, mismos que se muestran en la Figura 3-11.

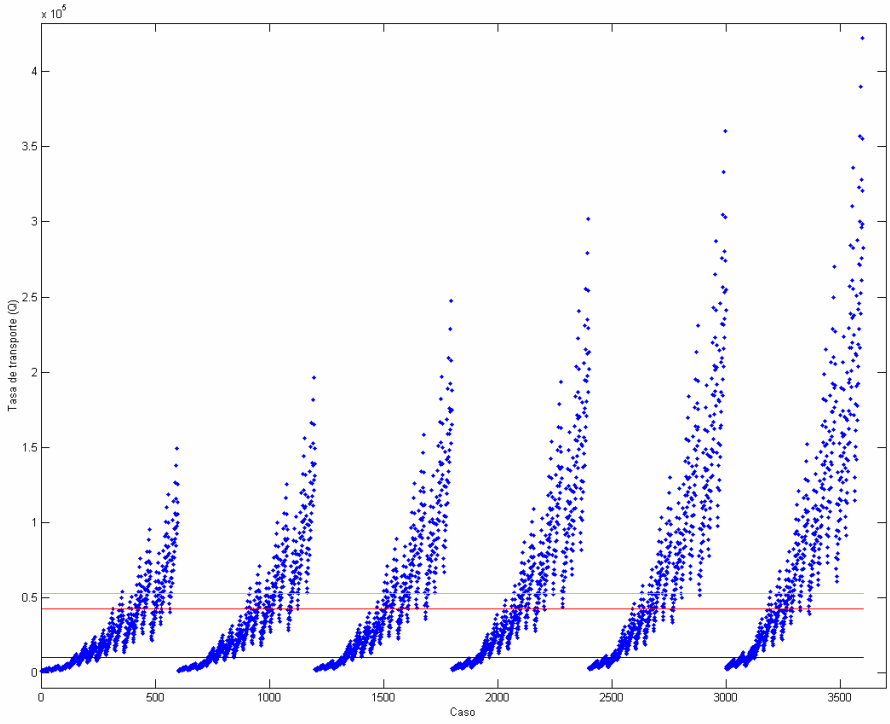


Figura 3-11. Rango de transporte litoral bruto (Q) en m³/año

Calculamos la tasa de transporte neto anual a partir de las condiciones promedio, tanto de verano como de invierno, obteniendo una tasa de 10,215 m³/año con dirección este, en la zona entre la isobata de los 10 m y la línea de costa norte de la barrera arenosa.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

3.5.4 Procesamiento de datos batimétricos

De acuerdo con los datos obtenidos de los sondeos batimétricos, es evidente que gran parte del sedimento transportado desde la costa oeste de la bahía, es acumulado entre El Mogote y Punta Prieta, formando una barra submarina en forma de delta (con área de 6.9 km^2 y profundidad media de 2.9 m). Esta zona, denominada comúnmente El Bajo, está delimitada al este por el canal de mareas principal de la laguna, extendiéndose hacia la bahía con pendientes fuertes al norte y más suaves al sureste de Punta Prieta.

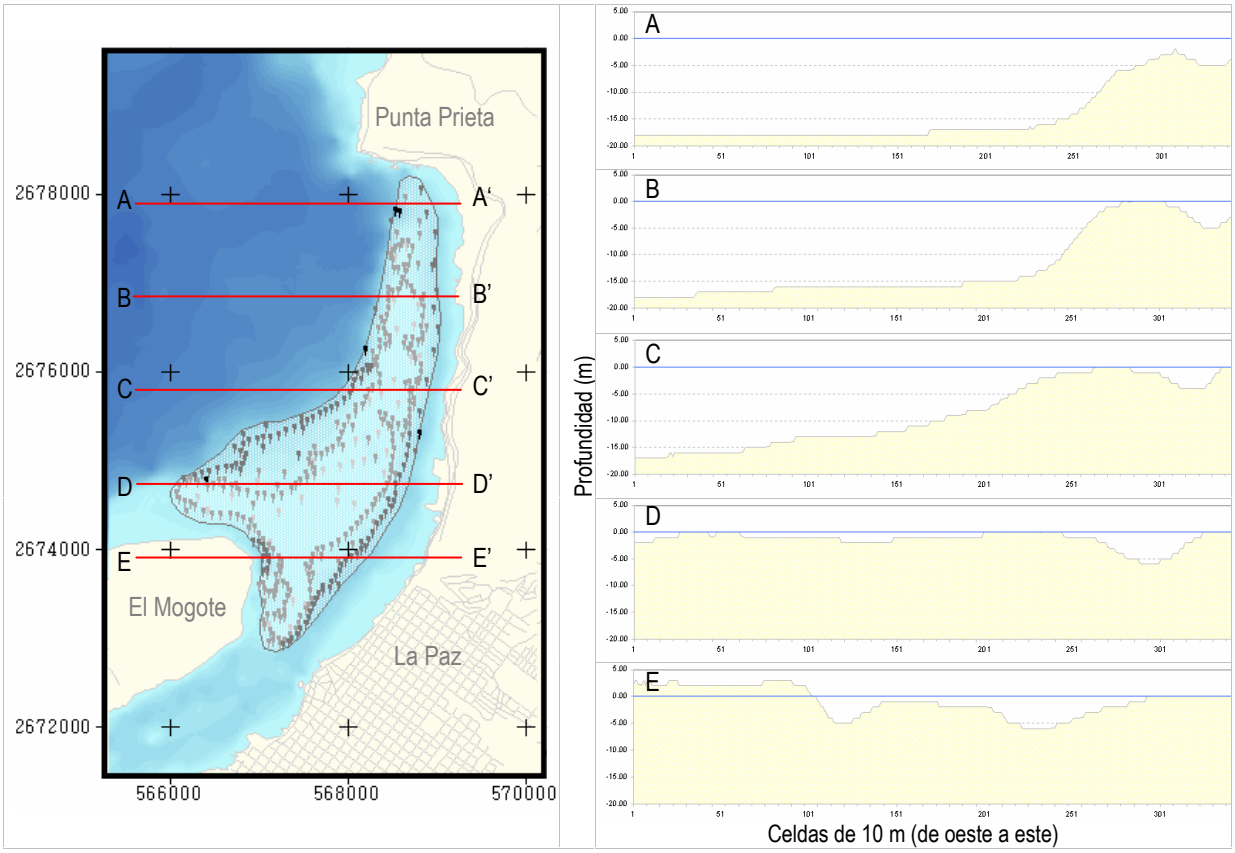


Figura 3-12. Delimitación de El Bajo y perfiles batimétricos a lo largo de 5 transeptos

Para calcular el volumen de El Bajo e interpretar su morfología, generamos el modelo digital de elevación (Fig. 3-13) con una resolución espacial de 10x10 m, considerando el corte a 5 m, que es la profundidad media del canal de mareas (excepto en la zona más cercana a El Mogote, donde la profundidad de la delimitación disminuye hasta 1 m).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

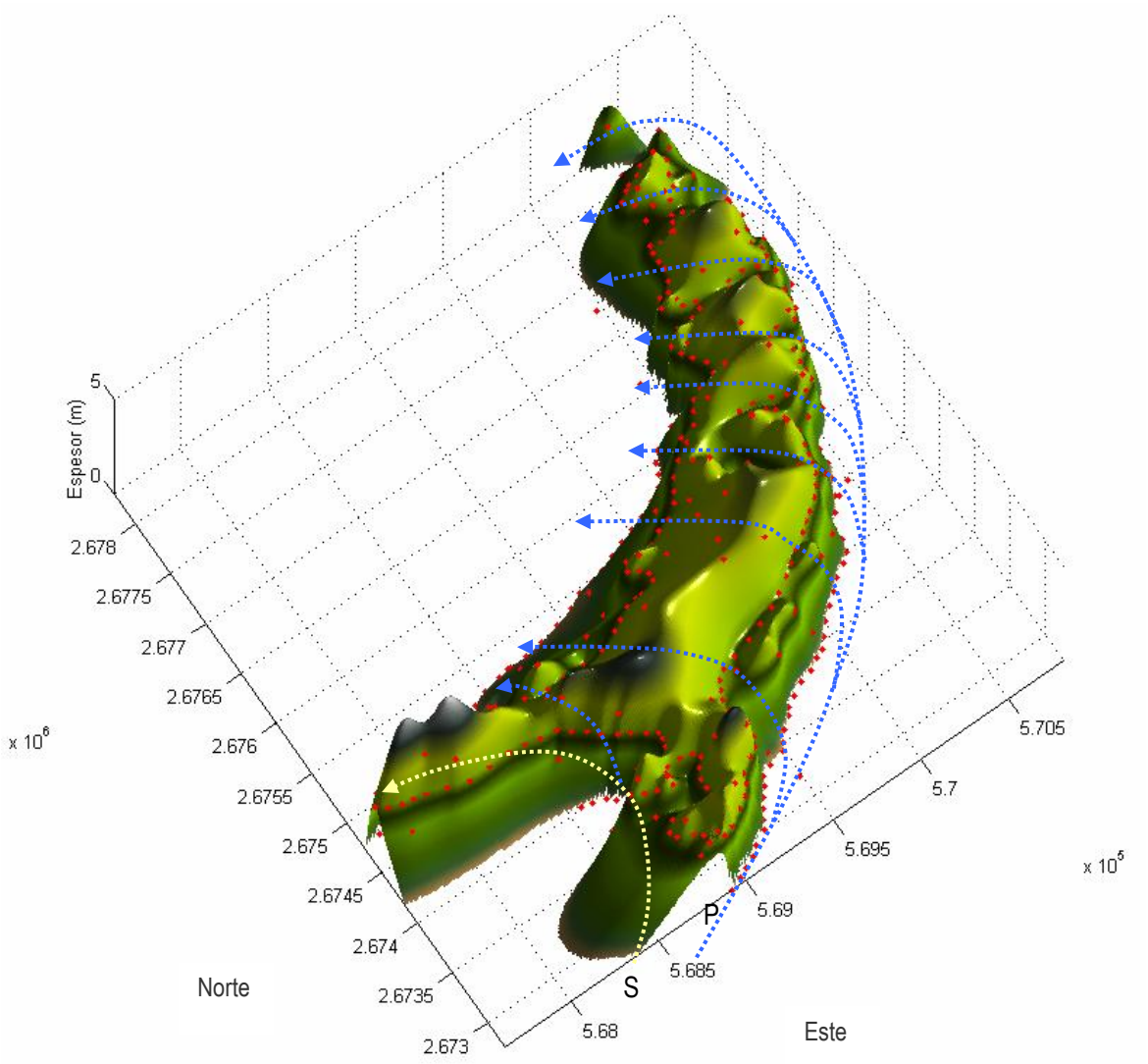
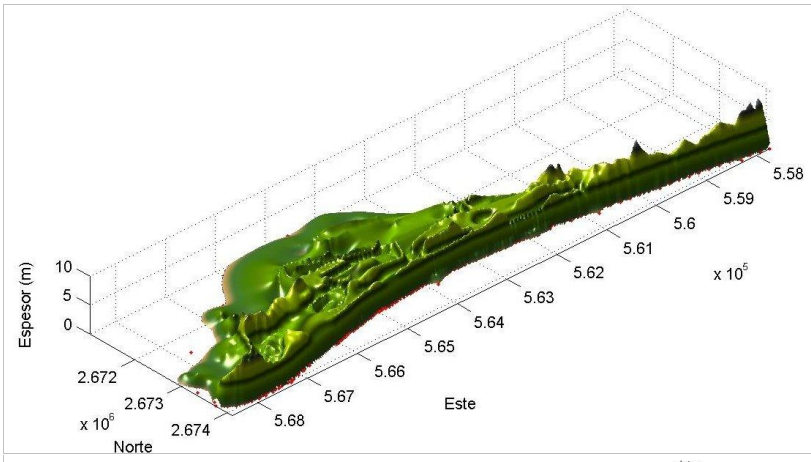


Figura 3-13. Morfología de El Bajo y corrientes de reflujo

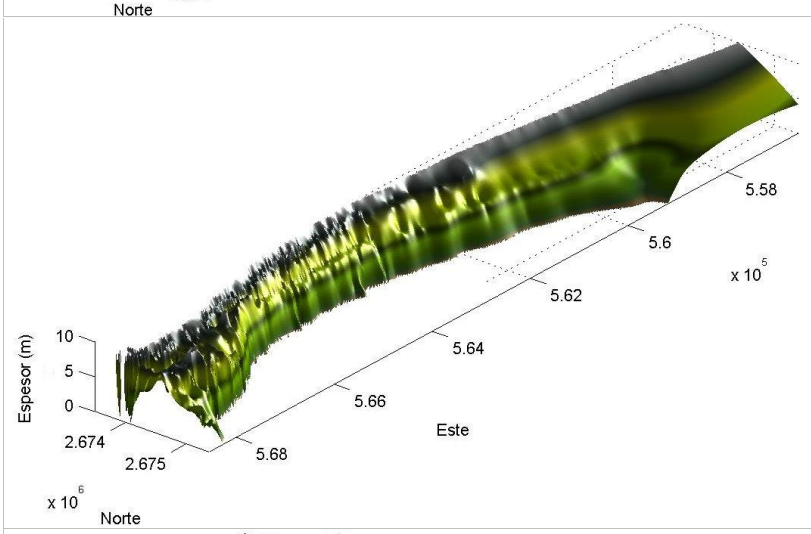
Las corrientes de flujo y reflujo, mueven el sedimento por encima de El Bajo, impidiendo una acumulación mayor en esta zona. Durante el reflujo la corriente del canal primario (P, en la Fig. 3-13), se ramifica por encima de esta formación arenosa a través de pequeños canales que contribuyen a distribuir el sedimento hacia la bahía. La corriente de reflujo del canal secundario (S) ha desviado su salida principal (cercana a la punta de El Mogote) hacia El Bajo, como consecuencia de la acumulación de cordones de sedimento al este de la barrera arenosa, por lo que esta corriente también tiende a distribuirse por encima de El Bajo. Hemos estimado el volumen de sedimento acumulado en el Bajo en 17´739,423 m^3.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!



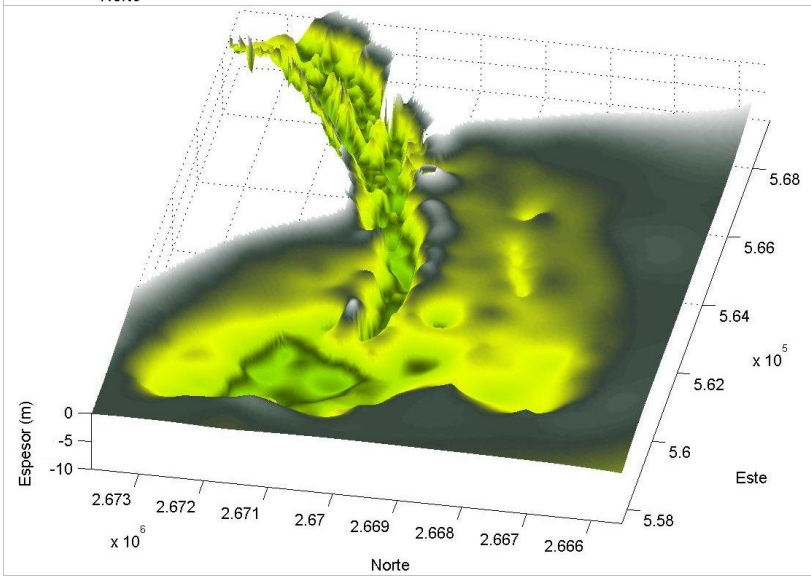
Geoforma	El Mogote
Perímetro (m)	25,641
Área (m^2)	15,411,715
Volumen (m^3)	37,359,485
Vista	NE-SO

Barrera arenosa a partir del NMM.



Geoforma	Plataforma interna 10m
Perímetro (m)	29,981
Área (m^2)	11,898,482
Volumen (m^3)	64,464,216
Vista	NE-SO

Sedimentos disponibles desde la línea de costa al norte de El Mogote hasta los 10 m de profundidad.



Geoforma	Laguna
Perímetro (m)	46,935
Área (m^2)	50,308,587
Volumen (m^3)	112,530,918
Vista	SO-NE

Capacidad de carga de la Laguna de La Paz.

Figura 3-14. Métricas de El Mogote y geoformas aledañas (exageración vertical = 100)

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

De manera similar (basándonos en los modelos digitales de elevación), calculamos algunas métricas para El Mogote y geoformas aledañas (Fig. 3-14):

- Cantidad de sedimento disponible inmediato a El Mogote, desde la cota cero hasta los 10 m de profundidad
- Capacidad de la laguna
- Volumen de El Mogote a partir de la cota cero

Para llegar a una aproximación de la tasa de acumulación de sedimento que dio origen a la barrera arenosa en relación a su volumen (37.3 millones de m^3) y aceptando la edad de la misma (6,000 años) estimada por Nava-Sánchez et al. (1989), obtenemos una tasa de acumulación en la barrera, de 6,166 m^3 anuales para el periodo de 6,000 años.

Tomando en consideración los resultados del presente estudio, así como la información recabada de trabajos anteriores, elaboramos diagramas conceptuales que muestran los mecanismos y patrones de transporte litoral en la zona de influencia del proyecto (Fig. 3-15).

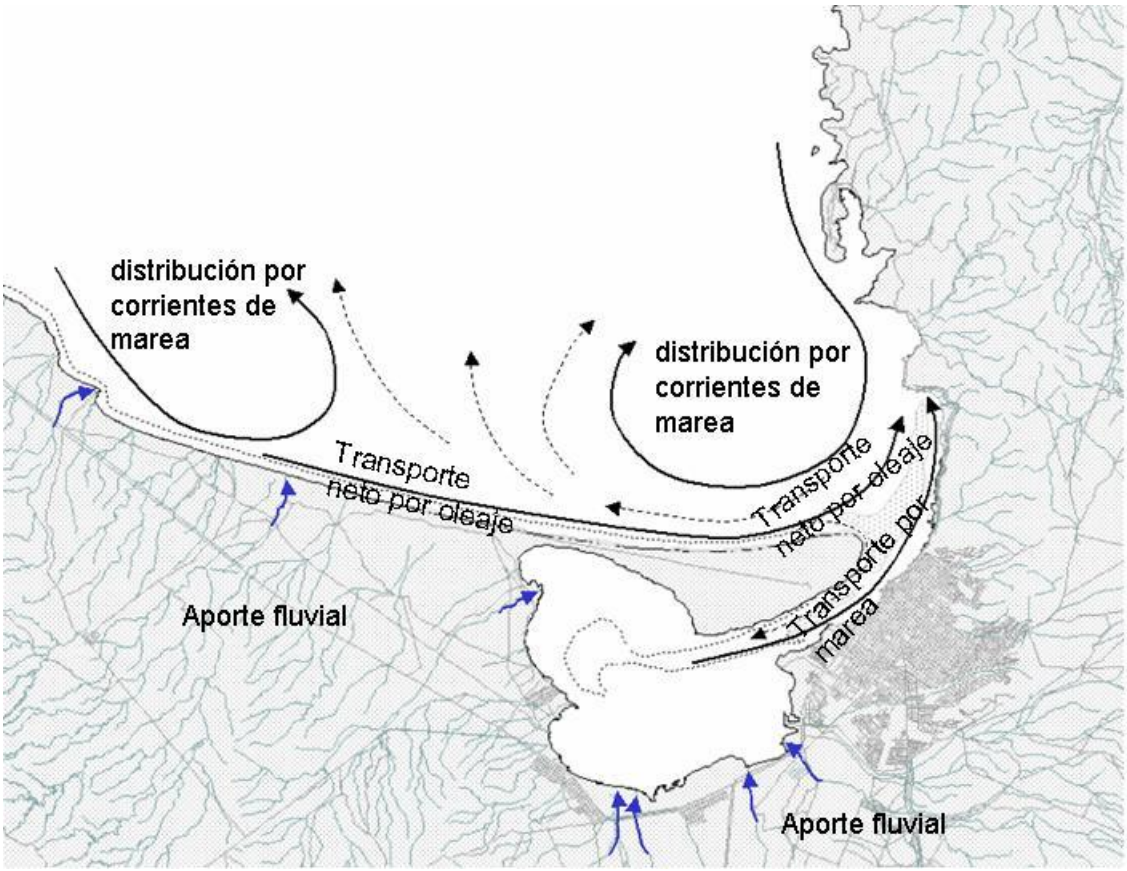


Figura 3-15. Diagrama conceptual de los mecanismos de transporte litoral y principales aportes de sedimento

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

3.5.5 Sistema de transporte litoral

Cuando hablamos del sistema de transporte litoral de una región costera, necesariamente tenemos que hacer referencia al balance sedimentario litoral. El balance de sedimentos es simplemente una aplicación del principio de conservación de masa a los sedimentos litorales –la tasa de cambio de arena en función del tiempo dentro de un sistema, depende de la tasa a la cual la arena entra al sistema contra la tasa a la cual la arena sale del sistema-. El análisis involucra por lo tanto la evaluación de la importancia relativa de las distintas fuentes de aporte y pérdidas de sedimento y la comparación de la ganancia o pérdida neta, en relación con la tasa de erosión o acreción observada.

En general, la deriva litoral del sedimento a lo largo de la costa hacia un compartimiento litoral, el transporte por ríos o arroyos y la erosión de acantilados, se consideran las principales fuentes de aporte. La deriva litoral hacia fuera del compartimiento, el transporte mar adentro y el transporte eólico hacia la costa para formar dunas, constituyen las principales pérdidas.

En este apartado se analiza el sistema de transporte que tiene lugar en la parte sur de la Bahía de La Paz, específicamente la interacción entre la ensenada y la bahía. El sistema está conformado por una depresión de la zona costera (Ensenada de La Paz), una barrera arenosa (El Mogote) y un canal de comunicación entre la ensenada y la bahía (canal de mareas).

La aplicación del balance sedimentario ayuda a clarificar la significancia regional de las diferentes fuentes de aporte, almacenamientos y pérdidas. Los límites de las celdas litorales separan unidades costeras independientes de aquellas que son parcial o totalmente dependientes, de tal forma que los impactos espaciales de varios procesos y prácticas pueden ser discernidos.

Para explicar el balance sedimentario del sistema se aplica el concepto de celda litoral basado en la continuidad del transporte de sedimento. Las celdas se identifican a partir de información morfológica y de procesos y se definen como unidades relativamente autocontenidas dentro de las cuales el sedimento recircula.

Al interior de la Bahía de La Paz, se pueden identificar sistemas subordinados como ensenadas y caletas (bahías pequeñas), que se comportan como celdas litorales. Debido al transporte de masa y al patrón de circulación de la bahía, estos sistemas son los receptores finales del material que se transporta en la bahía. Un ejemplo fehaciente de este transporte es la barrera arenosa El Mogote y los distintos rasgos morfológicos del fondo adyacentes a ésta.

Para los fines de este proyecto, se define como celda litoral la zona comprendida entre Punta El León-Punta Prieta y la Ensenada de La Paz. Actualmente, las principales fuentes de aporte de material sedimentario a esta celda son: el aporte fluvial desde la cuenca de drenaje, la erosión costera, la deriva litoral a lo largo de la costa, el transporte de sedimento hacia la costa y el transporte eólico. Las principales pérdidas son: la deriva del sedimento hacia fuera de la celda litoral, el transporte mar adentro y el transporte hacia tierra (Fig. 3-16).

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

En esta celda litoral se observa un proceso de erosión en su parte occidental y de acumulación en su parte oriental, tanto frente a El Mogote como en el interior de la ensenada.

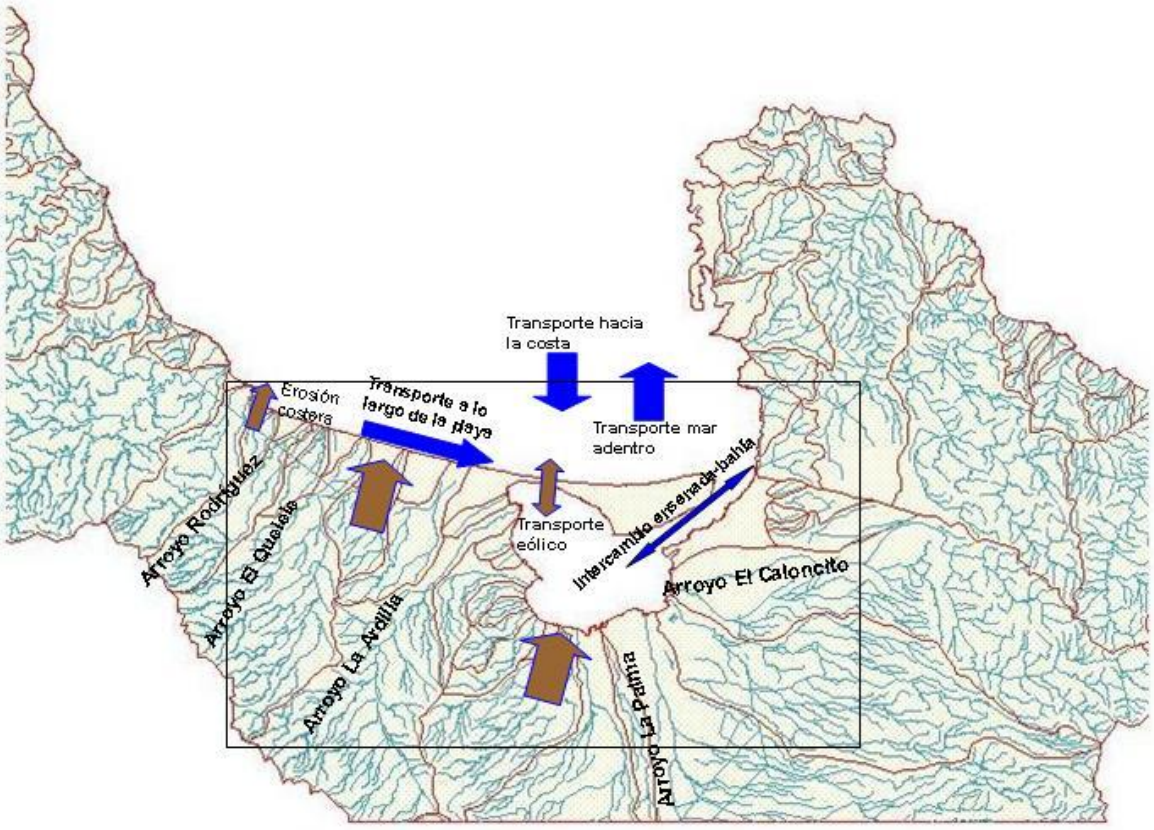


Figura 3-16. Balance sedimentario litoral en la zona de influencia del proyecto (fuentes de aporte y pérdidas de material sedimentario).

Al interior de esta celda se pueden identificar seis zonas con características distintivas y rasgos morfológicos del fondo asociados (Fig. 3-17). La plataforma exterior, localizada aproximadamente a los 20 m de profundidad, se caracteriza por tener un fondo plano, prácticamente horizontal, constituido por arena limosa muy fina; el proceso dominante es la sedimentación del material suspendido en la columna de agua. El talud de la plataforma interna (entre los 10 y 20 m de profundidad), es una zona de transición entre la plataforma externa y la plataforma interna, en esta zona el proceso dominante es el transporte de sedimento hacia la costa. La plataforma interna (2-10 m de profundidad), es una zona de acumulación del sedimento proveniente del transporte hacia la costa y del aporte fluvial; el proceso dominante en esta zona es el transporte hacia y a lo largo la costa. El bajo arenoso, es esencialmente una zona de acumulación donde converge el transporte litoral a lo largo de El Mogote y el transporte neto de la ensenada a la bahía. En relación a la planicie de marea (< 2 m de profundidad), debemos distinguir las ubicadas frente a El Mogote y en la parte norte de la ensenada, de aquellas ubicadas al sur y oeste. La planicie de marea frente a El Mogote es una zona de transporte litoral (perpendicular y a lo largo de la costa) activo inducido por el oleaje

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

y las mareas. La planicie de marea al norte de la ensenada es una zona de acumulación de arena y transporte litoral debido principalmente a las corrientes de marea. Las planicies ubicadas al sur y oeste de la Ensenada de La Paz, son esencialmente zonas de sedimentación constituidas por arena limosa y lodo. El canal de mareas es una zona de transporte intenso debido a las fuertes corrientes de marea y su fondo se caracteriza por la presencia de material grueso (arena y grava), principalmente de origen biogénico (fragmentos de conchas, coral y algas rojas coralinas).

No obstante que dentro de la celda litoral se observan zonas de erosión y zonas de acumulación, en general, el balance sedimentario es positivo, es decir, el volumen de sedimento que entra a la celda es mayor que el que sale de ésta. Lo anterior se puede corroborar por los volúmenes de sedimento acumulados en la plataforma interna, bajo y planicies de marea.

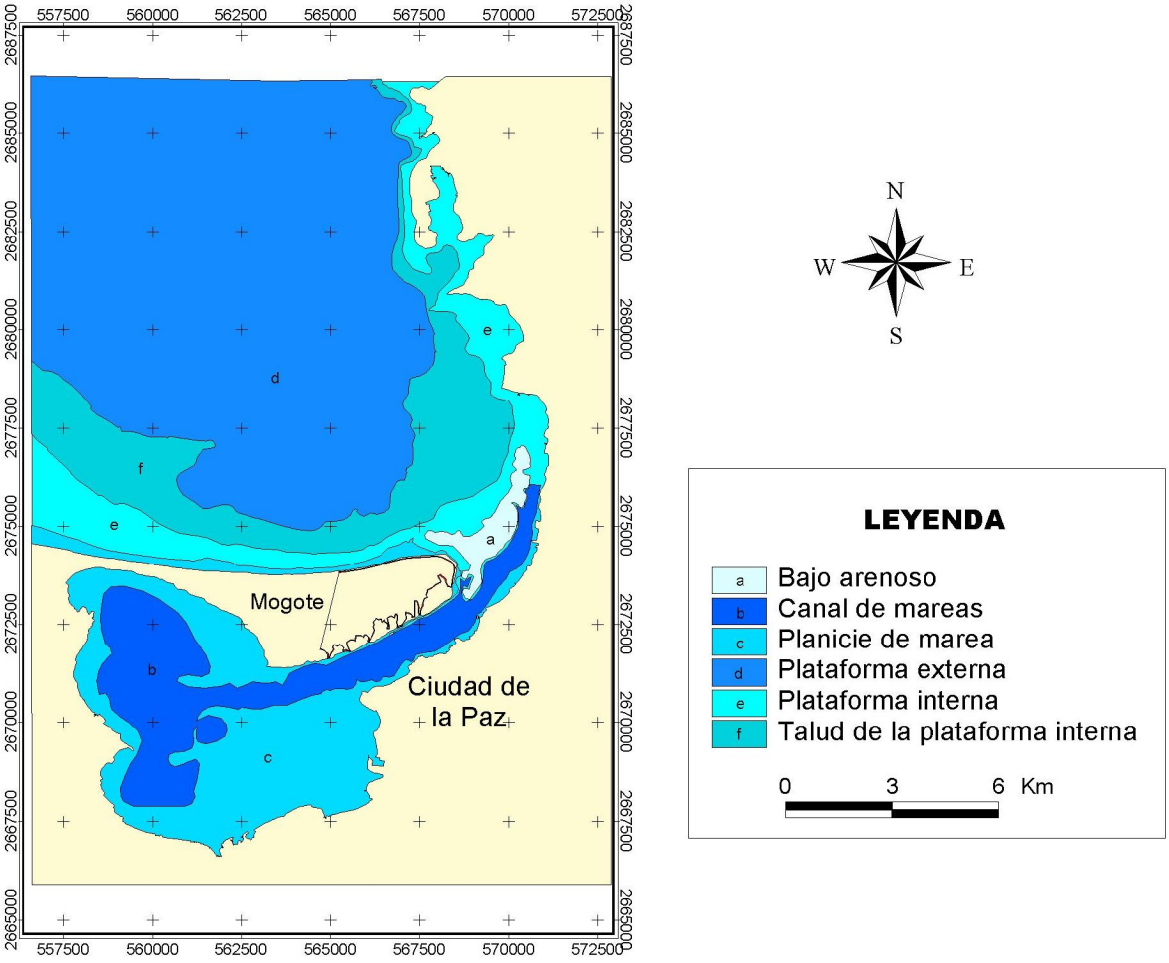


Figura 3-17. Principales rasgos morfológicos del fondo en la zona de influencia del proyecto

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

3.6 CONCLUSIONES

- Podemos considerar, de manera general, que las inmediaciones de la barrera arenosa El Mogote, son zonas de depósito sedimentario, proceso que ha favorecido su formación.

- Las zonas de erosión y depósito que se destacan en el análisis de fotografías aéreas (1978-2000), reflejan la transición de sedimento en ondulaciones por la cara de la playa norte, acumulándose en cordones con forma de ganchos hacia la punta de la barrera arenosa.

- El resultado neto en términos de acreción de la costa norte de El Mogote es de 1,992 m^2, durante el periodo en estudio (1978-2000). Con la información de los perfiles de playa, estimamos la tasa de acreción en volumen en 1,593 m^3 anuales.

- Además de la formación de los cordones de arena, el transporte de sedimentos a lo largo de la costa norte de El Mogote, también ha favorecido la acumulación hacia Punta Prieta, formando un bajo en forma de delta con un área de 6.9 km^2 y un volumen sedimentario (con corte a los 5 metros de profundidad) de 17.7 millones de m^3.

- El proceso que mantiene abierto el canal de mareas principal, y que contribuye a que la tasa de sedimentación sea menor en la zona de El Bajo, es la corriente de reflujo. Este reflujo ocasiona ramificaciones de corrientes por encima de El Bajo, provocando una distribución de sedimentos con dirección hacia el interior de la bahía.

- La Laguna de La Paz tiene un volumen de 112.5 millones de m^3. Conforme este volumen disminuye como consecuencia del aporte de sedimentos por arroyos, la energía de reflujo en los canales también disminuye, permitiendo la acumulación de material al interior. Bajo este escenario, las porciones someras de la laguna continuarán azolvándose.

- En el canal secundario (adyacente a El Mogote), la corriente de reflujo ya no impide la acumulación de sedimento hacia la punta de la barrera.

- El balance sedimentario dentro de la celda litoral es positivo, es decir, existe una ganancia neta de sedimento dentro del sistema.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

ANEXOS

ANEXO 1. TASAS DE EROSIÓN Y DEPÓSITO POR SECCIÓN EN LA COSTA NORTE

	DEPÓSITO			EROSIÓN			
SECCIÓN	NPOL	m^2	m^2/AÑO	NPOL	m^2	m^2/AÑO	NETO
1	1	253.69	11.53	1	-308.52	-14.02	-2.49
2	0	0.00	0.00	1	-921.74	-41.90	-41.90
3	1	832.29	37.83	0	0.00	0.00	37.83
4	2	1618.18	73.55	0	0.00	0.00	73.55
5	1	1771.88	80.54	0	0.00	0.00	80.54
6	0	0.00	0.00	1	-843.79	-38.35	-38.35
7	0	0.00	0.00	1	-2674.33	-121.56	-121.56
8	0	0.00	0.00	2	-1471.31	-66.88	-66.88
9	0	0.00	0.00	1	-2307.40	-104.88	-104.88
10	0	0.00	0.00	1	-3593.33	-163.33	-163.33
11	0	0.00	0.00	1	-4317.23	-196.24	-196.24
12	0	0.00	0.00	1	-3683.07	-167.41	-167.41
13	0	0.00	0.00	2	-1688.68	-76.76	-76.76
14	1	151.05	6.87	1	-387.22	-17.60	-10.73
15	1	2377.17	108.05	0	0.00	0.00	108.05
16	1	2279.69	103.62	0	0.00	0.00	103.62
17	1	4772.11	216.91	0	0.00	0.00	216.91
18	1	3932.07	178.73	0	0.00	0.00	178.73
19	2	693.28	31.51	0	0.00	0.00	31.51
20	1	29.00	1.32	1	-63.91	-2.90	-1.59
21	0	0.00	0.00	2	-557.23	-25.33	-25.33
22	0	0.00	0.00	1	-1045.26	-47.51	-47.51
23	0	0.00	0.00	1	-1422.96	-64.68	-64.68
24	2	321.29	14.60	1	-141.44	-6.43	8.17
25	1	201.58	9.16	1	-519.80	-23.63	-14.46
26	1	431.07	19.59	1	-230.73	-10.49	9.11
27	1	173.09	7.87	0	0.00	0.00	7.87
28	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
29	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
30	1	1526.72	69.40	0	0.00	0.00	69.40
31	1	1853.37	84.24	0	0.00	0.00	84.24
32	1	3634.09	165.19	0	0.00	0.00	165.19
33	1	4285.34	194.79	0	0.00	0.00	194.79
34	1	3272.57	148.75	0	0.00	0.00	148.75
35	1	367.82	16.72	1	-158.22	-7.19	9.53
36	0	0.00	0.00	2	-1252.85	-56.95	-56.95
37	0	0.00	0.00	2	-797.41	-36.25	-36.25
38	0	0.00	0.00	1	-1203.76	-54.72	-54.72
39	2	124.73	5.67	1	-93.95	-4.27	1.40
40	1	306.22	13.92	1	-136.72	-6.21	7.70
41	0	0.00	0.00	1	-278.19	-12.65	-12.65
42	0	0.00	0.00	1	-354.37	-16.11	-16.11
43	1	871.07	39.59	0	0.00	0.00	39.59
44	1	1863.64	84.71	0	0.00	0.00	84.71

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

45	1	2707.33	123.06	0	0.00	0.00	123.06
46	1	2511.36	114.15	0	0.00	0.00	114.15
47	1	4360.00	198.18	0	0.00	0.00	198.18
48	1	2464.35	112.02	0	0.00	0.00	112.02
49	1	519.55	23.62	0	0.00	0.00	23.62
50	0	0.00	0.00	1	-249.48	-11.34	-11.34
51	1	231.14	10.51	1	-90.47	-4.11	6.39
52	2	1286.95	58.50	0	0.00	0.00	58.50
53	1	3373.32	153.33	0	0.00	0.00	153.33
54	1	1788.84	81.31	0	0.00	0.00	81.31
55	2	783.24	35.60	0	0.00	0.00	35.60
56	1	2415.10	109.78	0	0.00	0.00	109.78
57	1	3221.52	146.43	0	0.00	0.00	146.43
58	1	1993.08	90.59	0	0.00	0.00	90.59
59	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
60	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
61	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
62	0	0.00	0.00	1	-0.53	-0.02	-0.02
63	0	0.00	0.00	1	-279.67	-12.71	-12.71
64	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
65	1	1.10	0.05	0	0.00	0.00	0.05
66	1	1294.91	58.86	0	0.00	0.00	58.86
67	1	1908.02	86.73	0	0.00	0.00	86.73
68	1	1915.88	87.09	0	0.00	0.00	87.09
69	1	26.47	1.20	1	-648.53	-29.48	-28.28
70	1	3348.72	152.21	0	0.00	0.00	152.21
71	1	8920.55	405.48	0	0.00	0.00	405.48
72	2	14193.33	645.15	0	0.00	0.00	645.15
73	3	7796.95	354.41	3	-29445.10	-1338.41	-984.01

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

ANEXO 2. TASAS DE DEPÓSITO POR SECCIÓN EN LA COSTA SUR

	DEPÓSITO		
SECCIÓN	NPOL	m^2	m^2/AÑO
1	0	0.0	0.0
2	2	277.48	13.9
3	3	1875.20	93.8
4	1	3536.28	176.8
5	1	4676.72	233.8
6	1	2611.87	130.6
7	1	1016.31	50.8
8	1	18.68	0.0
9	1	1891.17	94.6
10	1	960.90	48.0
11	3	423.04	21.2
12	0	0.0	0.0
13	0	0.0	0.0
14	0	0.0	0.0
15	0	0.0	0.0
16	0	0.0	0.0
17	1	297.72	14.9
18	1	4.79	0.2
19	0	0.0	0.0
20	0	0.0	0.0
21	0	0.0	0.0
22	0	0.0	0.0
23	0	0.0	0.0
24	0	0.0	0.0
25	0	0.0	0.0
26	0	0.0	0.0
27	0	0.0	0.0
28	0	0.0	0.0
29	0	0.0	0.0
30	0	0.0	0.0
31	0	0.0	0.0
32	0	0.0	0.0
33	0	0.0	0.0
34	0	0.0	0.0
35	0	0.0	0.0
36	0	0.0	0.0
37	0	0.0	0.0
38	0	0.0	0.0
39	0	0.0	0.0
40	0	0.0	0.0
41	0	0.0	0.0
42	0	0.0	0.0
43	0	0.0	0.0
44	0	0.0	0.0
45	0	0.0	0.0
46	0	0.0	0.0

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

47	0	0.0	0.0
48	0	0.0	0.0
49	0	0.0	0.0
50	1	1642.92	82.1
51	3	683.98	34.2
52	0	0.0	0.0
53	0	0.0	0.0
54	0	0.0	0.0
55	1	242.54	12.1
56	1	1942.83	97.1
57	0	0.0	0.0

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

ANEXO 3. GLOSARIO

BANDA. Rango de frecuencias del espectro electromagnético por ejemplo, la banda 1 del sensor TM se define en el rango 0.45-0.52 mm.

CELDA. Elemento básico de información en una estructura *raster* matricial representa el valor medio de un área rectangular superpuesta al terreno (es un concepto análogo al de *pixel* en una imagen digital).

COORDENADA. Cantidad usada para definir una posición en un sistema de referencia las coordenadas pueden ser lineales (cartesianas) o angulares (esféricas), según el sistema de referencia

COTA. Altitud asociada a un punto habitualmente, un mapa de elevaciones está formado por curvas de nivel o isohipsas y por puntos acotados.

DATUM. Sistema geométrico de referencia empleado para expresar numéricamente la posición geodésica de un punto sobre el terreno cada datum se define en función de un elipsoide y por un punto en el que el elipsoide y la Tierra son tangentes.

DIGITALIZAR. Operación de codificar la información en cifras la digitalización se aplica habitualmente a la codificación de la información gráfica (mapas y planos convencionales) pero puede ser aplicada con propiedad a todo tipo de información para la construcción de bases de datos digitales.

ELIPSOIDE. Descripción simplificada de la forma y dimensiones de la Tierra: los elipsoides se definen en función de un radio ecuatorial y de un radio polar.

ENMASCARAR. Exclusión de parte de una imagen o mapa como resultado de un proceso previo.

EMPÍRICO. Dato o información extraídos de la observación o medida directa de la realidad.

ERROR. Diferencia entre el valor medido o estimado y el valor real en un modelo, el error representa la desviación entre lo predicho por el modelo y la realidad; el error es una estimación de la calidad de la información de un mapa y suele distinguirse del concepto de precisión, que hace referencia a la calidad del método de medida utilizado.

ESCALA DE MEDIDA. Sistema de cuantificación de las observaciones de acuerdo a reglas preestablecidas, que define el grado de precisión de los datos (nominal, ordinal, intervalo y ratio).

ESCALA DEL MAPA. Relación de magnitud entre las distancias en un mapa y las distancias reales sobre la superficie terrestre. Relación o proporción entre medidas comparables de un mapa y las áreas que representan. La distancia en un mapa se expresa siempre como unidad, mientras que la escala puede expresarse de varias formas: como ESCALA NUMÉRICA (fracción o razón), EXPRESIÓN TEXTUAL (distancia en el mapa en relación con la distancia sobre la tierra), ESCALA GRÁFICA LINEAL (línea subdivida en segmentos que indica la correspondencia entre unidades del mapa y unidades reales) y como ESCALA PARA SUPERFICIES (razón entre superficie del mapa y la correspondiente de la Tierra).

SCÁNER. Sensor óptico acoplado a un dispositivo de barrido para la digitalización de documentos con un escáner se recorre un documento mediante un sensor óptico que mide la reflectancia general (tonos de gris) o la de cada color primario (RGB) para formar una imagen digital.

FOTOGRAMETRÍA. Conjunto de técnicas implicadas en la obtención de datos métricos a partir de fotografías la fotogrametría es la forma más usual de generar modelos digitales de elevaciones, usando pares estereoscópicos y apoyos sobre el terreno.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

GEORREFERENCIAR. Asignar coordenadas geográficas a un objeto o estructura el concepto aplicado a una imagen digital implica un conjunto de operaciones geométricas que permiten asignar a cada *pixel* de la imagen un par de coordenadas (x,y) en un sistema de proyección.

GPS. Acrónimo de *global positioning system*, o sistema de localización global hace referencia a un sistema mediante el cual es posible estimar las coordenadas actuales de una estación en tierra mediante la recepción simultánea de señales emitidas por varios satélites (llamados en conjunto constelación GPS).

IMAGEN DIGITAL. Representación gráfica de un objeto mediante una matriz regular que recoge valores de reflectancia, que suelen medirse mediante sensores sensibles a ciertos rangos de longitudes de onda de la luz; ejemplos de estos sensores son los transportados por plataformas aéreas (aviones o satélites) o los integrados en un escáner para la digitalización de documentos impresos.

IMAGEN MULTIESPECTRAL. Estructura de datos formada por varias imágenes digitales correspondientes a diferentes rangos de frecuencias es decir, una imagen multiespectral no es una imagen sino un conjunto de ellas, con las mismas propiedades geométricas, y cada una de las cuales recoge la reflectancia en un diferente rango de longitudes de onda del espectro electromagnético.

INTERPOLACIÓN. Estimación del valor de una variable en un punto a partir de otros datos próximos se entiende que el punto problema está dentro del rango de variación de los datos disponibles; en caso contrario se habla de extrapolación. La interpolación puede hacerse en un espacio de 1, 2 o más dimensiones.

INTERSECCIÓN. Operación de combinación de dos mapas en la cual se conservan las zonas incluidas en el dominio espacial común a los dos mapas.

LÍNEA. Conjunto ordenado de vectores encadenados en el modelo de datos vectorial. La línea se usa para representar objetos geográficos como carreteras, tendidos eléctricos, etc. En una estructura topológica, las líneas tienen un sentido y están definidos los lados izquierdo y derecho.

MALLA. Estructura de datos compuesta de puntos localizados en los nodos de una malla imaginaria, espaciados a distancias constantes en las direcciones X e Y.

MATRIZ. Estructura de datos formada por elementos (celdas) dispuestos regularmente en filas y columnas. La matriz es la estructura más usada para la construcción de modelos digitales del terreno e imágenes digitales; en este último caso, cada elemento de una matriz se denomina píxel; se habla de *matriz regular* cuando filas y columnas están separadas por la misma distancia.

MAPA. Modelo gráfico de la superficie terrestre donde se representan objetos espaciales y sus propiedades métricas, topológicas y atributivas un mapa puede ser analógico (impreso sobre papel, por ejemplo) o digital (codificado en cifras, almacenado en una computadora y presentado en una pantalla) existen mapas métricos, diseñados para representar distancias, superficies o ángulos y mapa topológicos, diseñados para representar vecindad, inclusión, conectividad y orden en el contexto de los SIG, un mapa es la presentación de cualquier estructura de datos usada para reflejar cartográficamente una variable espacial (nominal o cuantitativa) independientemente del modelo de datos utilizado (vectorial o raster).

MODELO. Representación simplificada de un objeto o proceso en la que se representan algunas de sus propiedades un modelo reproduce solamente algunas propiedades del objeto o sistema original que queda, por tanto, representado por otro objeto o sistema de menor complejidad; los modelos se construyen para conocer o predecir propiedades del objeto real.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES. Representación del relieve en forma de matriz. Cada elemento del DEM es considerado un nodo de una malla (grid) imaginaria. La malla se define identificando una de sus esquinas (habitualmente la SW), la distancia entre nodos en las direcciones X e Y, el número de nodos en ambas direcciones y la orientación de la red.

MODELO DIGITAL DEL TERRENO. Estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa se trata, por tanto, de un modelo digital que representa una propiedad cuantitativa topográfica (por ejemplo, elevación, pendiente) o no (temperatura de la superficie del terreno, reflectancia, etc.).

ORTOFOTO. Fotografía aérea modificada geométricamente para ajustarla a un sistema de proyección geográfica en una ortofoto(grafía) se han eliminado las distorsiones debidas a la perspectiva, al movimiento de la cámara y al relieve de forma que posee las mismas propiedades métricas que un mapa.

PENDIENTE. Parámetro morfométrico que expresa la inclinación del terreno respecto del plano horizontal.

PERFIL. Gráfico de línea que representa las variaciones de los valores del eje z a lo largo de una dirección específica.

PÍXEL. Cada elemento discreto en los que se divide una imagen digital. Tecnicismo de origen inglés que procede de la contracción de *picture element.*

POLÍGONO. Figura geométrica plana formada por, al menos, un anillo externo un polígono puede tener anillo(s) interno(s) en cuyo caso se habla de un polígono compuesto en vez de un polígono simple (sin "agujeros").

PROYECCIÓN. Conjunto de transformaciones métricas definidas para representar la superficie de la Tierra sobre un plano. Existe un gran número de proyecciones, cada una de las cuales posee propiedades diferentes en cuanto a las métricas del objeto real y de su representación plana; por ejemplo, en una proyección conforme se conservan los ángulos (los paralelos y meridianos se cortan en ángulo recto) y en una equivalente se conservan las superficies.

PUNTO DE CONTROL. Elemento geográfico (punto) que puede ser localizado con mucha precisión en un mapa y se emplea para la corrección geométrica de imágenes y mapas.

RASTER. Modelo de datos en el que la realidad se representa mediante teselas elementales que forman un mosaico regular cada tesela del mosaico es una unidad de superficie que recoge el valor medio de la variable representada; las teselas pueden ser cuadradas (celdas) o no (triangulares, hexagonales, etc.). Un modelo de datos raster está basado en localizaciones.

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. Sistema de gestión de bases de datos (SGBD) con herramientas específicas para el manejo de información espacial y sus propiedades los tipos de propiedades que un SIG debe poder analizar tanto independiente como conjuntamente son tres: métricas, topológicas y atributivas.

SISTEMA DE COORDENADAS. Marco de referencia espacial que permite la definición de localizaciones mediante coordenadas éstas pueden ser lineales (sistemas cartesianos, con ejes ortogonales) o esféricas (donde se utilizan como coordenadas el acimut y elevación angular).

TELEDETECCIÓN. Proceso de captura de información a distancia, sin contacto entre el aparato de medida y el objeto se aplica habitualmente en un sentido más restringido a las imágenes o datos captados mediante sensores transportados por aviones o satélites; es común la extensión del concepto al análisis y la interpretación de la información, y no sólo a su captura.

TOPOGRAFÍA. Descripción de las formas del terreno es frecuente, aunque erróneo, considerar sinónimos topografía y altimetría.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

TRANSFORMACIÓN. Proceso de conversión de coordenadas desde un sistema cartesiano a otro. Típicamente, la digitalización de un mapa implica una transformación desde las coordenadas-tablero a las coordenadas usadas en un sistema de proyección. Transformación afín: aquella donde se usan ecuaciones de primer grado que permiten exclusivamente rotaciones, traslaciones y cambios de escala; en esta transformación se conserva la propiedad de paralelismo.

UTM. *(Universal Transverse Mercator)*. Proyección cilíndrica conforme, por lo que conserva las relaciones angulares.

VECTOR. Entidad geométrica definida por una magnitud y un sentido un vector está formado por un par de puntos ordenados; el orden define el sentido del vector y la distancia entre origen y final su magnitud; si la magnitud es nula, el vector se reduce a un punto y el sentido queda indefinido.

VECTORIAL. Modelo de datos en el que la realidad se representa mediante vectores o estructuras de vectores una estructura vectorial puede ser compleja: una cadena de vectores forma un arco; una cadena de arcos forma un anillo; uno o varios anillos definen un polígono se trata de un modelo de datos basado en objetos (geométricos) frente al modelo *raste*r, basado en localizaciones.

VECTORIZAR. Transformación de una estructura raster en una vectorial suele aplicarse a la operación de "rescatar" líneas a partir de documentos escaneados (mapas o planos).

VOXEL. Unidad cúbica de un objeto tridimensional. Mínima unidad procesable de una matriz tridimensional.

VULNERABILIDAD. El porcentaje de pérdida de un elemento como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud determinada. La vulnerabilidad se expresa en un rango 0 (ningún daño) a 1 (pérdida completa); es un concepto que se aplica en análisis de riesgo.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

BIBLIOGRAFÍA

CARTER-R.W.G & WOODROFFE C.D. 1994. Coastal evolution. Cambridge University Press. 517p.

CRUZ-OROZCO, R. MARTÍNEZ-NORIEGA, C. & MENDOZA-MARAVILLAS, A. 1996. Batimetría y sedimentos de la Bahía de La Paz, B. C Sur, México. Oceánides, 11(1):21-27.

FENSTER, M.S., DOLAN, R. & MORTON, R.A. 2001. Coastal storms and shoreline change: signal or noise? Journal of Coastal Research. 17:714-720.

JULIE D. ROSATI. Coastal and Hydraulics Laboratory (CHL), Engineer Research and Development Center (ERDC), Vicksburg, Mississippi.

KAMPHUIS, W.J. 2002. Alongshore transport of sand. Proceedings, International Conference on Coastal Engineering, ASCE, Cardiff Wales, July 2002 (to be published).

NAVA-SÁNCHEZ, E.H. & CRUZ-OROZCO, R. 1989. Origen y evolución geomorfológica de la laguna de La Paz, Baja California Sur, México. Inv. Mar. CICIMAR, 4(1):49-58.

MENDOZA-MARAVILLAS, A. 1990. Rasgos geomorfológicos, sedimentología y geoquímica de los sedimentos de la barrera arenosa El Mogote de la Laguna de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de licenciatura, Univ. Auton. B.C.S., 70 p.

OBESO-NIEBLAS, M. 1986. Propagación de la constituyente de la marea en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, 123 p.

OBESO-NIEBLAS, M., GAVIÑO-RODRÍGUEZ, J., JIMÉNEZ-IILESCAS, R. & SHIRASAGO-GERMAN, B. 2002. Simulación numérica de la circulación por marea y viento del noroeste y sur en la Bahía de La Paz, B. C. S. Oceánides, 17(1):1-12.

SALINAS-GONZÁLEZ, F. 2000. Mezcla turbulenta y transporte de masa en la Bahía y Ensenada de La Paz, B. C. S.: Experimentación y modelación numérica. Tesis de Doctorado, CICIMAR-IPN, 260 p.

SALINAS-GONZÁLEZ F., ZAYTSEV-V. OLEG, & TROYO-DIEGUEZ S. 1997. Corrientes, mareas y sus espectros en la playa norte de la barrera arenosa El Mogote, la Paz, B. C. S., México.. Oceánides, 12(2):65-77.

ORTÍZ-PEREZ, M. A. 1992. Retroceso reciente de la línea de costa del frente deltaico del Río San Pedro, Campeche-Tabasco. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. 25:7-23.

PATIÑO-LEÓN, J. 2002. La importancia del monitoreo de la variación de la línea de costa. Primer seminario virtual de las ciencias del Mar, Oannes. Perú.

RAMÍREZ-URBAN J., RAMÍREZ-RODRÍGUEZ M. 1997. La Bahía de La Paz. Investigación y conservación. UABCS, CICIMAR, SCRIPPS I.O. 345p.

RUSH R. & OLLERHEAD, J. 2000. An Assessment of ArcView 3.1 and Image Analysis 1.0 as Tools for Measuring Geomorphic Change in Coastal Saltmarshes. Department of Geography, University of Guelph, Ontario, Canada.

TROYO-DIEGUEZ S. 2003. Oleaje de viento y ondas de infragravedad en la zona costera de Baja California Sur. Tesis de Doctorado. CICIMAR-IPN, 239 p.

ZÚJAR-OJEDA J., Métodos para el cálculo de la erosión costera. Revisión, tendencias y propuesta. 2000. Boletín de la A.G.E. 30:103-108.

WANG, P., EBERSOLE, B. A. & SMITH, E. R. 2002. Longshore Sand Transport – Initial Results from Large-Scale Sediment Transport Facility. US Army Corps of Engineers. CHETN-II-46.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

CAPÍTULO 4
ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO
TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS 4-I
LISTA DE TABLAS 4-I
RESUMEN 4-1
4.1 INTRODUCCIÓN 4-1
4.2. METODOLOGÍA DE CAMPO 4-1
4.3. MARCO GEOLÓGICO 4-3
4.4. ESTUDIOS GEOFÍSICOS 4-4
4.5. RESULTADOS GEOELÉCTRICOS 4-4
4.6. DISCUSIÓN 4-12
4.7. CONCLUSIONES 4-12
4.8. BIBLIOGRAFÍA 4-13
ORTOFOTOS DIGITALES UTILIZADAS 4-13
SOFTWARE UTILIZADO 4-13
4.9. ANEXO 4-14

Lista de figuras

Figura 4-1.- Ubicación de los sondeos eléctricos verticales (SEV) realizados y los perfiles transversales y longitudinales 4-2
Figura 4-2a. Perfil longitudinal 1 4-7
Figura 4-2b. Perfil longitudinal 2 4-7
Figura 4-2c. Perfil longitudinal 3 4-8
Figura 4-2d. Perfil longitudinal 4 4-8
Figura 4-3a. Perfil transversal 1 4-9
Figura 4-3b. Perfil transversal 2 4-9
Figura 4-3c. Perfil transversal 3 4-10
Figura 4-4.- Interpolación de los datos de profundidad de la capa saturada de agua marina 4-11

Lista de tablas

Tabla 4-1.- Resultados finales de las capas geoeléctricas obtenidas, señalando su espesor (€) en metros y su resistividad (ρ) en ohm-metro (Ω-m). 4-5
Tabla 4-2.- Características generales de los sondeos eléctricos verticales realizados en la barrera arenosa El Mogote 4-14

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

RESUMEN

Con el objeto de determinar la estructura del subsuelo, se realizaron 20 sondeos eléctricos verticales (SEV), distribuidos en el predio correspondiente al desarrollo Paraíso del mar, en el área de la barrera arenosa El Mogote; de estos, el SEV 17 resultó anómalo y fue eliminado.

Las características geológicas de esta estructura costera, el clima, la influencia marina y sus dimensiones espaciales, tienen como resultado la nula capacidad para formar un acuífero económicamente explotable.

Los resultados finales sugieren que la barrera arenosa consta de una sola capa sedimentaria, la cual de manera ocasional presenta estructuras de lentes de material fino y grueso. Del mismo modo, una capa de arenas finas semiconsolidadas, que se presenta en los límites de las zonas de manglar e incluso en el interior de los salitrales, probablemente se encuentra distribuida hacia el interior de la barrera, señalando una antigua línea de costa, como se presenta en la actualidad.

Debido a la ausencia de capas geológicas diferentes, la estructura del subsuelo es definida en su totalidad por la distribución de la humedad (contenido de agua).

Los modelos geoeléctricos de las capas resultantes se obtuvieron con el software VES 1.30 de G.R.J., Cooper, 2000. A partir de ellas se realizaron siete perfiles geoeléctricos, cuatro longitudinales (E-W) y tres transversales (N-S) a la barrera arenosa El Mogote.

4.1. INTRODUCCIÓN

La barrera arenosa El Mogote se localiza al norte de la ciudad de La Paz, es una estructura geomorfológica costera que se desarrolló a partir de la acción de los procesos costeros tales como mareas, corrientes, vientos y transporte litoral. Su evolución se ha llevado a cabo en forma de ganchos de crecimiento a partir del aporte y acumulación de los sedimentos que son acarreados por el transporte litoral y la acción eólica.

Las características naturales de la zona tales como la geología, la temperatura, la precipitación y los vientos en lo general y sus dimensiones espaciales (ancho, largo y espesor de sus capas) en lo particular, dan como resultado que El Mogote esté constituido por una sola unidad hidrogeológica, formada por sedimentos no consolidados con bajas posibilidades de formar acuíferos.

4.2. METODOLOGÍA DE CAMPO

Originalmente se plantearon 25 sondeos eléctricos verticales (SEV), distribuidos geométricamente en la superficie del predio a desarrollar; sin embargo, la cobertura vegetal existente en la mayoría de

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

los sitios, no permitió que la exploración se llevara a cabo en esa forma, replanteando en la medida posible la localización del punto central del SEV. La Figura 4-1 muestra la distribución final de los SEV realizados.

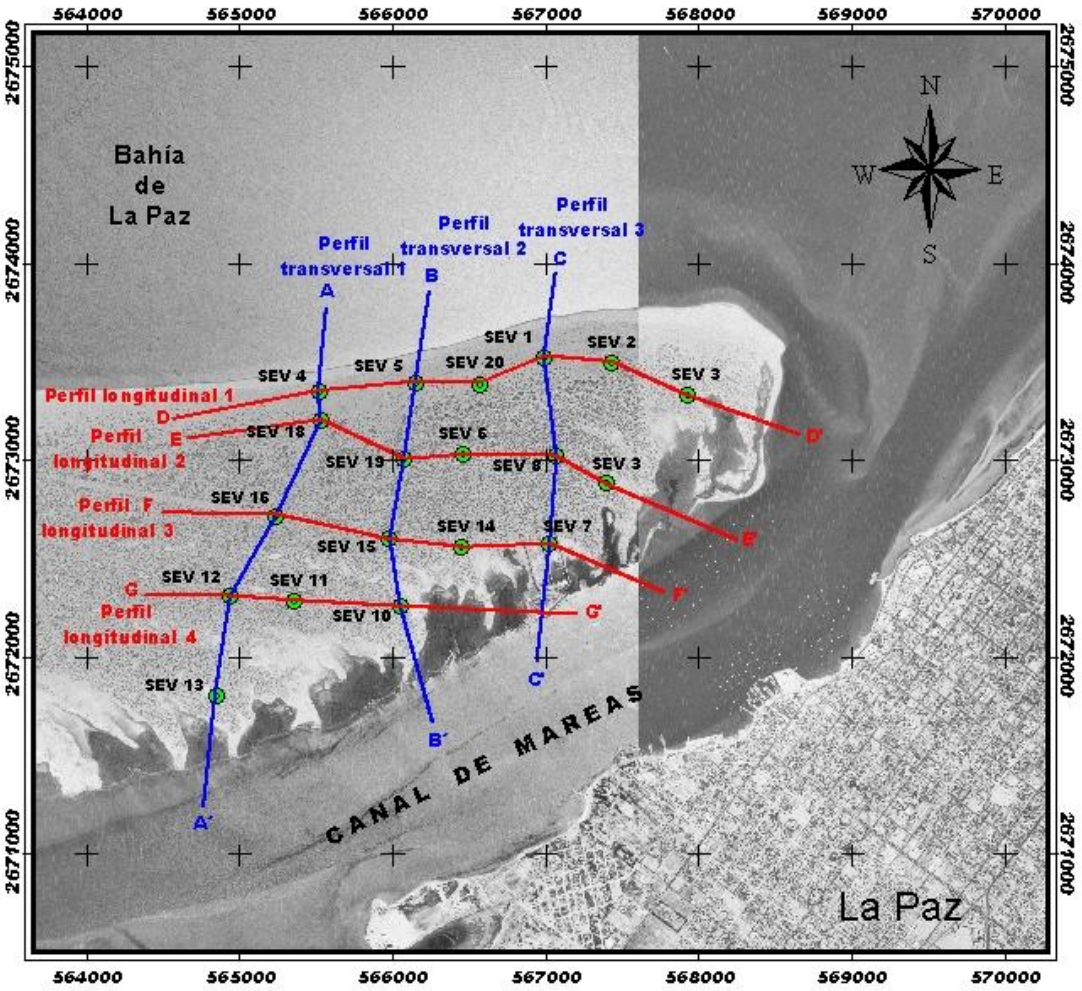


Figura 4-1. Se muestra la ubicación de los sondeos eléctricos verticales (SEV) realizados y los perfiles transversales y longitudinales.

Se utilizó el método geofísico de los sondeos eléctricos verticales con un arreglo de electrodos tipo Schlumberger, en todos estos, las distancias AB/2 (electrodos de corriente) iniciales fueron consecutivamente de 1.0 m hasta llegar a los 10.0 m, las distancias posteriores variaron a cada 5.0 m, 10.0 m y 20.0 m hasta llegar a una máxima de 120.0 m o 150.0 m. Las distancias MN/2 (electrodos de potencial) fueron de 0.20, 1.0, 3.0, 5.0, 7.0 y 15.0 m según fuera la distancia AB/2 y necesidades del aparato.

Dadas las condiciones de aridez y temperatura prevalecientes durante la campaña geofísica, se utilizaron electrodos de 1.0 m de largo los cuales, para favorecer el contacto con el terreno se enterraban hasta 70 cm y se les aplicaba agua marina.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

El aparato utilizado fue el resistivimetro terrestre STING R1/IP de la compañía AGIUSA (Advanced Geoscientific Instrument of U.S.A.). Utiliza una batería de 12.0 V con capacidad de enviar corrientes de 2.0, 5.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0 y 500.0 mili-amperes (mA).

4.3. MARCO GEOLÓGICO

La geología de la barrera arenosa El Mogote, es ampliamente dominada por depósitos de materiales sedimentarios constituidos por arenas finas a medias muy bien seleccionadas, su composición mineralógica es de abundantes granos de cuarzo, y feldespatos; En menor proporción se encuentran los fragmentos líticos, restos de conchas, limos y arcillas. No se aprecian claramente estructuras de estratificación a excepción de las zonas de planicies de inundación, salitrales y marismas, en las cuales se identifican delgadas capas superficiales de limos y arcillas, por debajo de una capa de sedimentos enriquecida con partículas de sal, la cual le proporciona cierta consolidación y cementación.

En la línea de costa de El Mogote que limita a la Laguna de La Paz y su canal de mareas, aflora superficialmente una capa de arenisca semiconsolidada (roca de playa ?), con un espesor que varía de 20 a 30 cm, esta misma capa se observa en las planicies de inundación y salitrales a profundidades que fluctúan entre 25 y 70 cm. Dadas las características de su evolución es posible que esta capa se distribuya en el interior de la barrera arenosa.

Fuera del área del predio se observan ocasionalmente fragmentos de roca volcánica (pómez), cuyo origen es indeterminado. No se han encontrado evidencias de estratificación o capas de estos materiales lo que hace difícil su ubicación cronológica.

Como se mencionó anteriormente, El Mogote está compuesto geológicamente por una capa de arenas que se divide en dos unidades litológicas: la primera trata de los sedimentos eólicos y la segunda de los sedimentos lacustres o lagunares. La diferencia principal entre ambas unidades es su textura (tamaño de granos), encontrándose mayor proporción de materiales finos en los lacustres que en los eólicos.

La geomorfología de El Mogote es característica de las estructuras costeras formadas por una acreción alargada y pausada en tiempos geológicos. En el lado norte (Bahía de La Paz), se encuentra una franja de playa que en promedio mide de ancho 25 m; posteriormente y hacia el sur, se presenta una zona de dunas semiactivas de 500 m de ancho en promedio. En la parte central de la barrera, se encuentra una zona de dunas parcialmente estabilizadas, el ancho promedio estimado es de 850 m. En el límite sur (frente a la Laguna de La Paz y su canal de mareas), se encuentra una zona de baja pendiente en la cual se localizan amplias planicies de inundación y de marea, en estas últimas se presentan los manglares.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

4.4. ESTUDIOS GEOFÍSICOS

Se realizaron 20 sondeos eléctricos verticales (Fig. 4-1), con arreglo de electrodos tipo Schlumberger, el punto central de cada sondeo se localizó geográficamente con un sistema de posicionamiento global (GPS), marca Garmin. La tabla 4-2 que se encuentra en el anexo de este capítulo muestra las características generales de cada uno de los SEVs (coordenadas UTM, distancia mínima al mar, etc.)

Los sondeos con mayor distancia AB/2 se realizaron en la zona de dunas semiactivas ya que ahí se encuentran las mayores alturas topográficas. Los de menor distancia fueron en los puntos localizados en las zonas de salitrales y planicies de inundación.

El sondeo numero 17 fue eliminado debido a que los datos obtenidos se consideraron anómalos, probablemente debido a que la carga de la batería del aparato se encontraba en niveles bajos.

4.5. RESULTADOS GEOELÉCTRICOS

Los SEV fueron interpretados con el software VES 3.0 de G.R.J. Cooper, 2000, el cual utiliza un algoritmo inverso estándar asumiendo una capa terrestre estratificada uni-dimensionalmente (Das et al., 1974). La Tabla 1 muestra los resultados definitivos para cada una de las capas geoeléctricas obtenidas.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL	CAPAS GEOELÉCTRICAS									
	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		CAPA 4		CAPA 5	
	€ (m)	ρ (Ω-m)	€ (m)	ρ (Ω-m)	€ (m)	ρ (Ω-m)	€ (m)	ρ (Ω-m)	€ (m)	ρ (Ω-m)
1	1.1	5179.0	4.0	51.8	3.8	15.6	∞	1.1		
2	1.1	4906.1	1.9	3.5	4.0	361.3	∞	0.80		
3	1.3	4.9	6.9	0.4	∞	0.5				
4	1.1	5715.0	3.3	3.6	1.6	15.5	2.2	6.8	∞	0.7
5	1.1	5298.0	5.2	6.7	0.5	0.1	∞	75.9		
6	1.2	3621.8	4.8	4.9	1.5	2.7	∞	0.1		
7	1.2	5.1	3.2	0.60	0.2	11.5	∞	0.4		
8	1.1	3513.5	3.6	35.0	2.2	3.4	1.5	0.6	∞	0.1
9	1.1	1.7	3.5	0.4	∞	0.1				
10	0.7	44.8	9.6	0.4	∞	6.4				
11	1.4	1941.1	2.6	2.7	∞	0.1				
12	0.7	2657.2	4.7	6.8	∞	0.1				
13	0.9	0.6	3.7	0.2	∞	4.2				
14	1.0	1.8	4.1	0.3	∞	0.6				
15	1.5	3252.7	2.7	90.0	2.7	13.9	3.8	1.9	∞	0.8
16	1.6	3041.2	2.6	4.0	0.2	0.2	∞	0.4		
18	1.3	4344.8	5.6	2.8	1.1	0.8	∞	96.1		
19	1.0	4490.3	2.8	84.6	2.0	21.6	7.6	3.0	∞	0.1
20	1.0	5732.2	1.8	344.7	2.2	1.3	2.0	35.2	∞	0.3

Tabla 4-1.- Resultados finales de las capas geoeléctricas obtenidas, señalando su espesor (**€)** en metros y su resistividad (**ρ**) en ohm-metro (**Ω-m**).

Las evidencias de campo (zanjas de exploración) e información bibliográfica (Mendoza-Maravillas, 1990; Álvarez et al., 1997), permitieron inferir hasta cierta profundidad la composición litológica de esta barrera arenosa.

La ausencia de diferentes capas litológicas, aunado a la escasa diferencia de resistividades entre los horizontes que ocasionalmente se alcanzan a distinguir, dio como resultado que la estructura del subsuelo se definiera principalmente por el contenido de humedad (contenido de agua), de las capas geoeléctricas obtenidas, las cuales se definen a continuación.

Capa seca: corresponde físicamente a la capa superficial del terreno, sus espesores fueron muy homogéneos presentando un espesor promedio de 1.2 m. Son arenas finas a medias muy bien seleccionadas y sin contenido de agua. Sus valores de resistividad fluctúan entre 1,941.1 Ω-m y 5,732.2 Ω-m.

Capa semi-húmeda: no se presenta en todo el predio observándose particularmente en la zona norte y punta este del mogote. El contenido de agua es probablemente tipo capilar, es decir, las partículas de agua están adheridas a las paredes de los granos sedimentarios, conservando espacios de aire entre ellos. Existe la probabilidad de que una parte de esta agua capilar sea de calidad dulce. Sus espesores son muy heterogéneos con un promedio de 3.0 m y se acuña hacia los

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

extremos. Son arenas finas y medias, semi-compactadas. Sus valores de resistividad varían de 15.6 Ω-m a 361.3 Ω-m.

Capa húmeda: esta capa si se distribuye en toda la superficie del predio. En el contenido sedimentario se incrementa la proporción de materiales finos. De la misma manera, su compactación es afectada por efecto de enterramiento y presión de agua. Su espesor promedio es de 4.5 m y aunque su comportamiento no es completamente horizontal, es posible sugerir que esta capa se presenta en un rango de 2.0 m por arriba y abajo del nivel medio del mar (0), dependiendo de la zona. Sus valores de resistividad varían entre 1.3 Ω-m y 6.8 Ω-m.

Capa saturada de agua marina: los materiales sedimentarios que la componen son arenas finas a medias. Ocasionalmente se presentan dentro de esta capa, valores altos de resistividad, lo cual sugiere la presencia de estructuras sedimentarias en formas de lentes compuestos por materiales más gruesos y finos pertenecientes tal vez a antiguas líneas de costa. Su espesor total no fue definido, sin embargo es posible mencionar que la profundidad promedio en la zona de dunas semiactivas es de aproximadamente 6.5 m, mientras que en la zona de dunas semi estables es de 8.5 y en la zona baja del mogote varía de 0.70 m a 1.1 m.

Para determinar los valores de las capas geoeléctricas se realizó un sondeo de calibración en la zona de playa y se excavó un pozo para confirmar los datos obtenidos.

Los resultados finales de los SEV fueron integrados a lo largo de siete perfiles (Figs. 4-2 y 4-3), cuatro de ellos son longitudinales a la forma de la barrera arenosa, en dirección oeste-este y tres son transversales en dirección norte-sur.

Los perfiles geoeléctricos tienen las siguientes características:

1.- El perfil topográfico se obtuvo a partir del modelo en tres dimensiones de la barrera arenosa El Mogote, el cual tiene como base las curvas de nivel proporcionadas por la empresa desarrolladora.
2.- Con el objeto de resaltar la superficie terrestre y de esta manera apreciar las diferentes topoformas, la altura vertical fue exagerada 100 veces en los perfiles geoeléctricos longitudinales y 50 veces en los transversales.
3.- La profundidad de las diferentes capas se obtuvo a partir de la suma de los espesores de las capas que le anteceden a cada una.
4.- Los números que se presentan en las capas corresponden al valor de las resistividades eléctricas verdaderas calculadas mediante el sofware VES 3.0 de G.R.J. Cooper, 2000.
5.- El nivel medio del mar (NMM), corresponde a la altura topográfica igual a cero (0).
6.- El punto rojo en el perfil, señala la ubicación del SEV.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

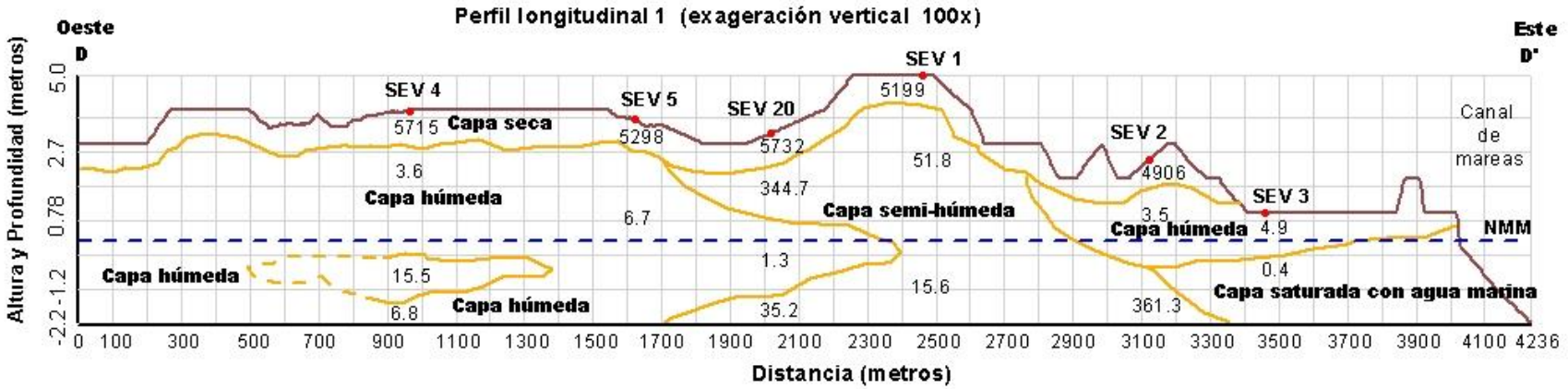


Figura 4-2a. Perfil longitudinal 1, geográficamente corresponde a la parte norte del predio a desarrollar en la barrera arenosa El Mogote.

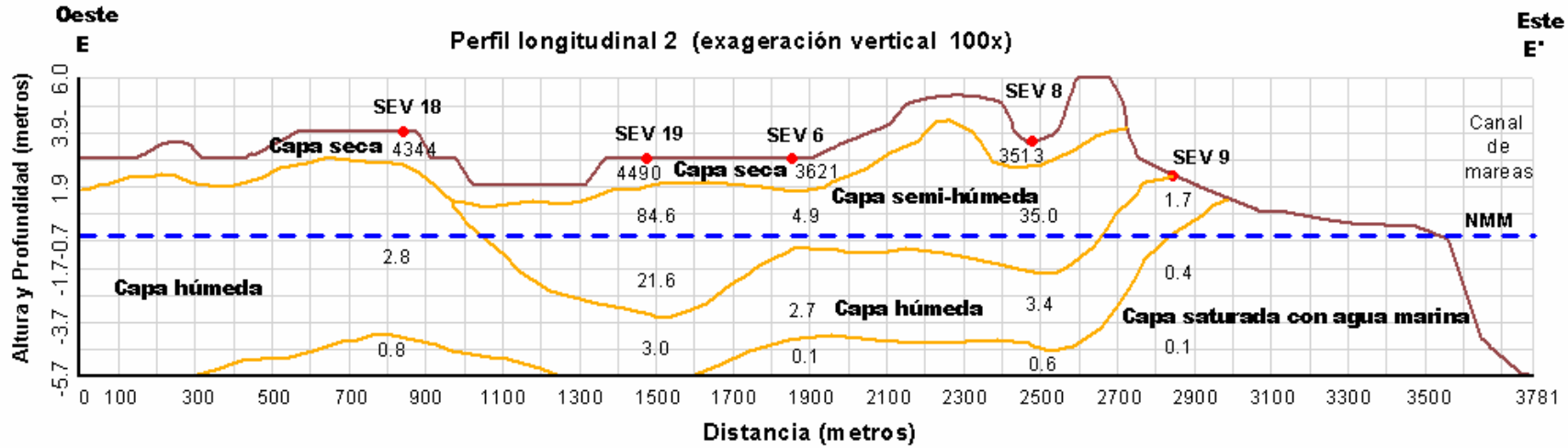


Figura 4-2b. Perfil longitudinal 2, geográficamente corresponde a la parte norte-media del predio a desarrollar, en la barrera arenosa El Mogote.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

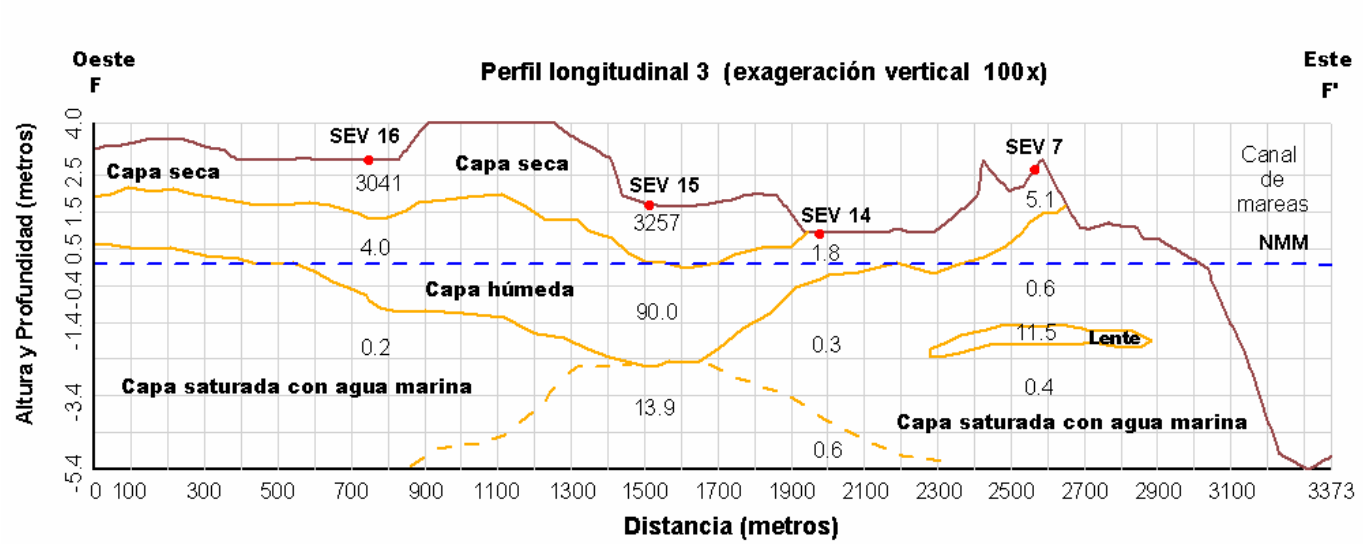


Figura 4-2c. Perfil longitudinal 3, geográficamente corresponde a la parte media del predio a desarrollar, en la barrera arenosa El Mogote.

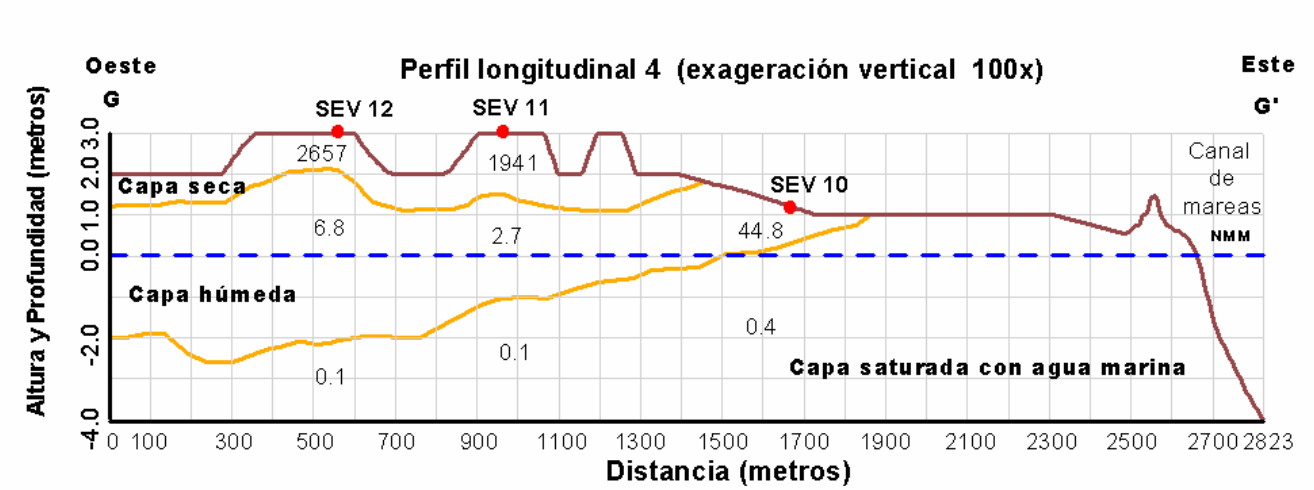


Figura 4-2d. Perfil longitudinal 4, geográficamente corresponde a la parte sur del predio a desarrollar, en la barrera arenosa El Mogote.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

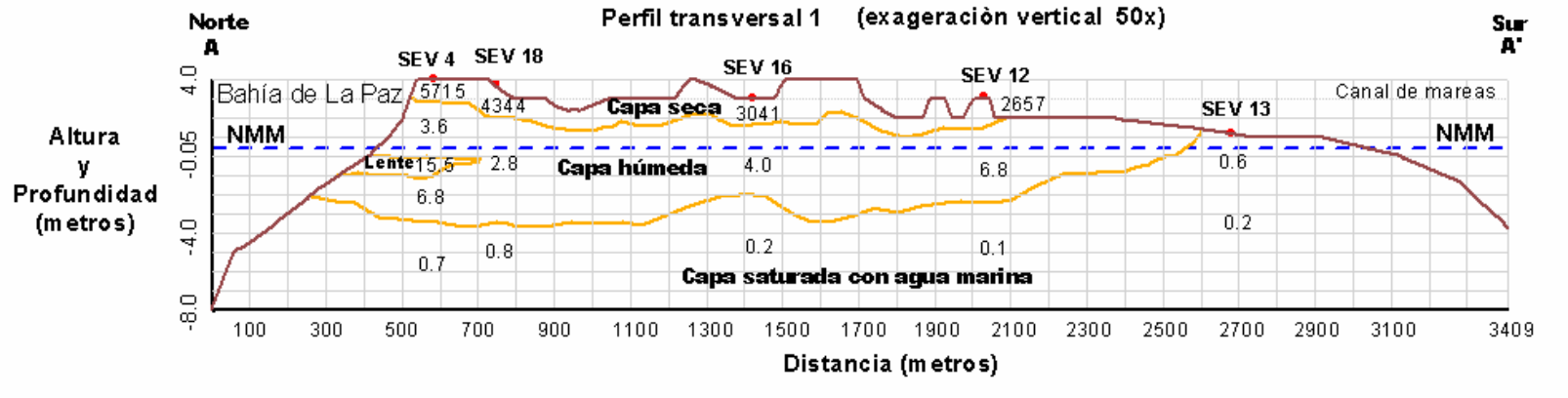


Figura 4-3a. Perfil transversal 1, geográficamente corresponde a la parte oeste del predio a desarrollar en la barrera arenosa El Mogote.

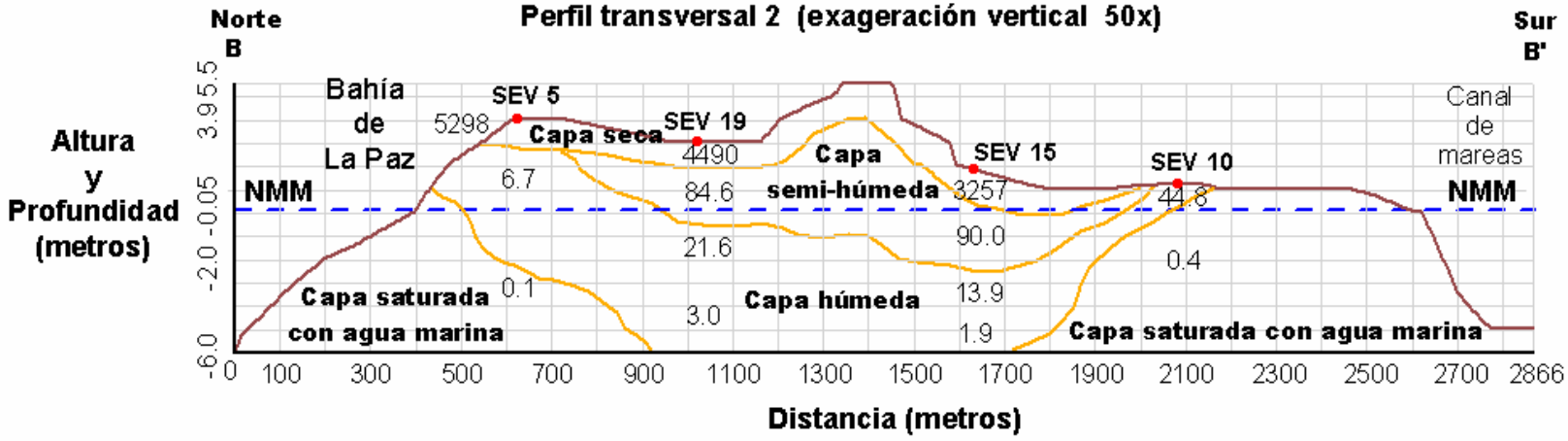


Figura 4-3b. Perfil transversal 2, geográficamente corresponde a la parte media del predio a desarrollar en la barrera arenosa El Mogote.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

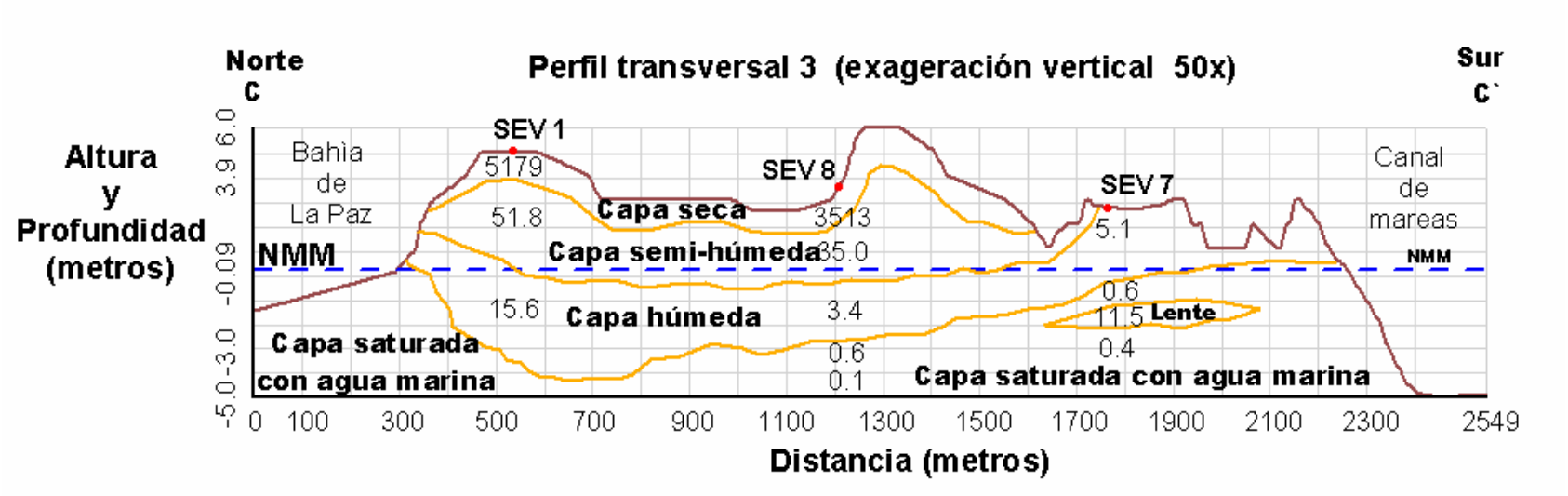


Figura 4-3c. Perfil transversal 3, geográficamente corresponde a la parte este del predio a desarrollar en la barrera arenosa El Mogote.

La Figura 4-4 muestra el resultado de la interpolación de las profundidades para el caso de la capa saturada de agua marina, es importante señalar que en este proceso se considero con un valor de cero a la línea de costa. En el mismo sentido, aunque la interpolación se realizó para todo el predio, debe de tenerse en cuenta la distribución de los SEV, ya que como se puede observar en la misma figura y por causas propias del proceso mismo, se denotan algunas zonas (puntos), que por lo aislado de los datos se señalan de una forma irregular. Para el caso de la profundidad de 0 a 1.0 m (franja de color azul oscuro), esta interpolación no aplica en la punta este de la barrera arenosa ya que no se realizaron sondeos en esa zona y por lo tanto no se cuenta con datos.

La tabla 4-2 (ver anexo), muestra las características generales de los SEV realizados en la barrera arenosa El Mogote tales como las coordenadas UTM del punto central, el numero de capas geoeléctricas que se obtuvieron después del modelado con el software VES 3.0, la distancia mínima al mar, su cota topográfica y la profundidad de la capa saturada con respecto a la superficie del terreno.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

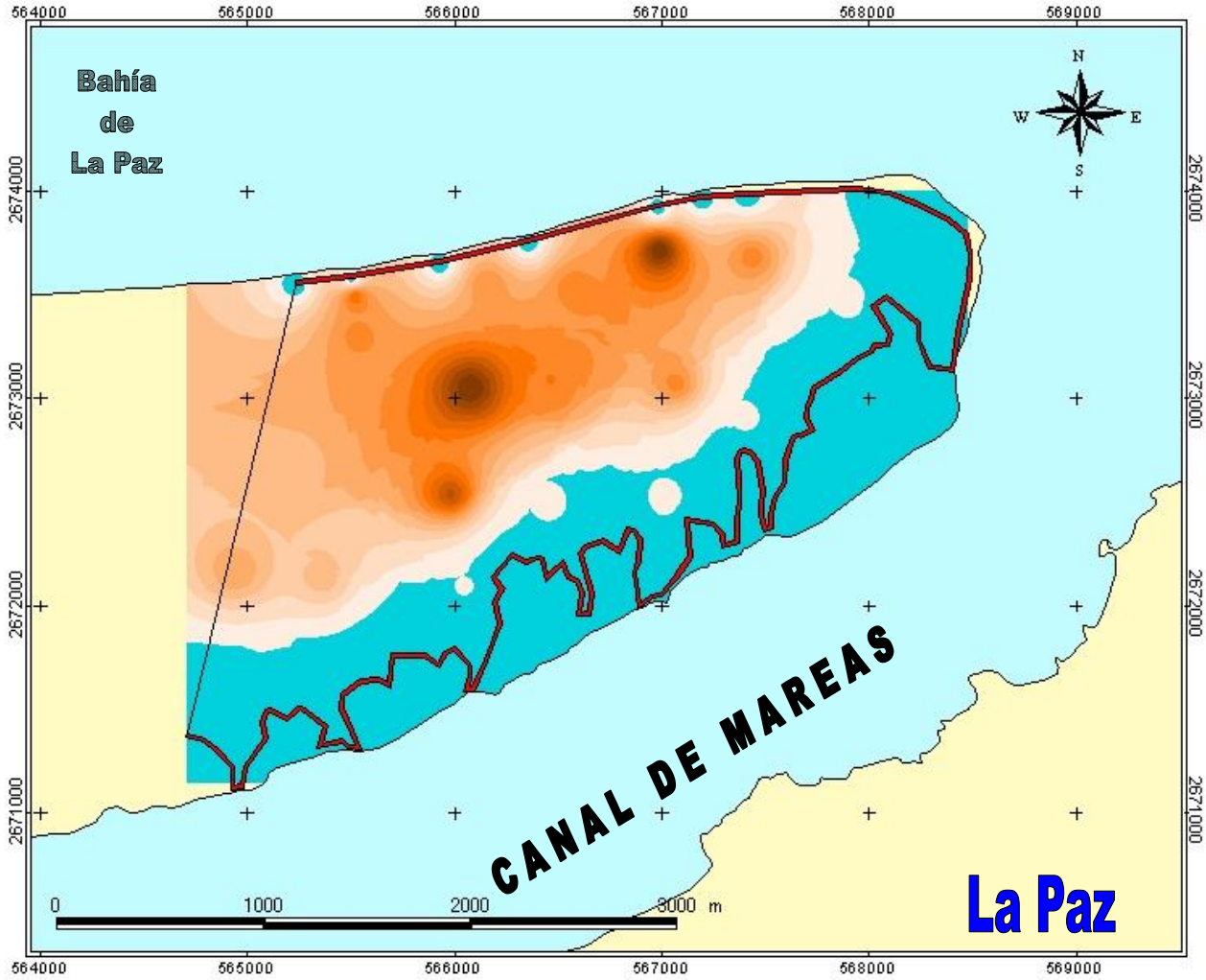


Figura 4-4. Interpolación de los datos de profundidad de la capa saturada de agua marina, el tono anaranjado mas claro señala un valor de 1.1 a 1.9 m, el siguiente tono de 2.0 a 2.9, así y de manera sucesiva hasta llegar al tono mas oscuro el cual señala una profundidad de 14.0 a 15.0 m.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

4.6. DISCUSIÓN

Los materiales geológicos tienen rangos de resistividad que pueden fluctuar en varios órdenes de magnitud (Ward, 1990), los modelos geoeléctricos obtenidos (perfiles longitudinales y transversales) presentados en este documento, son interpretaciones fundamentadas no solo en los valores resistivos sino también en los antecedentes geológicos e hidrológicos con los cuales se cuenta.

La presencia de la arenisca consolidada (roca de playa ?), en las zonas de manglar y salitrales, permitió suponer la posibilidad de que esta se encontrara distribuida en toda la zona del mogote; Sin embargo, dadas sus características litológicas y probable grado de saturación de agua, no fue posible definirla con claridad si es que esta en verdad existe.

De acuerdo a la localización actual de esta arenisca y a los procesos que se requieren para alcanzar las propiedades de compactación, dureza y cementación que presenta, se considera probable que se trate de vestigios de líneas de costa y que en caso de encontrarse en el interior del mogote, esta sería una evidencia clara de una antigua línea de costa. Considerando lo anteriormente mencionado, es probable que las estructuras de lentes que se registraron sean evidencias de esta capa de arenisca.

4.7. CONCLUSIONES

Debido a las escasas precipitaciones que se presentan en la zona de estudio no existe una captación de agua dulce suficiente que pueda ser almacenada.

Es posible que el agua dulce pueda encontrarse en alguna otra temporada del año en la cual se presente una precipitación, sin embargo, aun cuando esta se acumule y almacene en el paquete sedimentario de la barrera arenosa, esta no será económicamente explotable ya que las cantidades serán mínimas.

Otro aspecto a considerar, con respecto a la presencia de agua dulce recargada por precipitación será su calidad, el suelo de la barrera arenosa es sumamente salino por razones obvias y es posible que el agua sea contaminada por las diferentes sales que este contiene.

La vegetación existente se sostiene debido a la presencia del agua capilar que se encuentra en la capa semi-húmeda. De acuerdo a los valores de resistividad que tiene esta capa, es posible que cierta cantidad del agua existente en ella, sea de calidad dulce.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

4.8. BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, A. A. D., ROJAS S., H. y PRIETO M., J. J., 1997. Geología de la Bahía de La Paz y áreas adyacentes**. En:** La Bahía de La Paz, investigación y conservación. **Eds**. Urbán R., J. y M. Ramírez R. UABCS, CICIMAR, SCRIPPS. pp 13-29

DAS, U. C. AND D. P. GHOSH, 1974. The determination of filter coefficients for the computation of standard curves for dipole resitivity sounding over layered earth by linear digital filtering. Geophys. Prosp., 22, 765-780.

MENDOZA-MARAVILLAS, A., 1990. Rasgos geomorfológicos, sedimentología y geoquímica de los sedimentos de la barrera arenosa El Mogote de la Laguna de La Paz, B. C. S., México. Tesis de licenciatura. UABCS. 86p.

WARD, S. H., 1990. Resistivity and induced polarization methods. **In** Ward, S. H. Ed., Geotechnical and environmental geophysics, V1: Review and tutorial, Society of exploration geophysicists investigations in geophysics, No. 5, pp 147-189.

Ortofotos digitales utilizadas

G12d83a, escala 1:20,000 en blanco y negro
G12d82c, escala 1:20,000 en blanco y negro

Software utilizado

Arc View GIS, Versión 3.2a de Environmental Systems Research Institute, Inc. 1991-1996.

VES, Versión 1.30 de G. R. J., Cooper, 2000.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

4.9. Anexo

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL	COORDENADAS UTM		DISTANCIA AB/2 (m)	CAPAS	PROFUNDIDAD PENETRACIÓN APROXIMADA (m)	DISTANCIA MÍNIMA AL MAR (m)	ALTURA SNMM (m)	PROFUNDIDAD DE LA CAPA SATURADA DE AGUA MARINA A PARTIR DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO (m)
	ESTE (X)	NORTE (Y)						
1	566,989	2,673,719	120.00	4	40.00	260.00	5.000	13.50
2	567,435	2,673,686	120.00	4	40.00	350.00	2.300	7.00
3	567,923	2,673,469	30.00	3	10.00	125.00	1.000	1.30
4	565,522	2,673,491	120.00	5	40.00	140.00	4.000	8.20
5	566,156	2,673,551	120.00	4	40.00	200.00	3.790	6.30
6	566,466	2,673,087	80.00	4	26.00	710.00	3.000	7.50
7	567,020	2,672,500	50.00	4	16.00	125.00	2.620	1.20
8	567,069	2,673,072	60.00	5	20.00	465.00	3.800	6.90
9	567,403	2,672,895	10.00	3	3.00	165.00	2.310	1.10
10	566,054	2,672,093	40.00	3	13.00	155.00	1.150	0.70
11	565,361	2,672,133	30.00	3	10.00	535.00	3.000	4.00
12	564,941	2,672,165	40.00	3	13.00	705.00	3.000	5.40
13	564,847	2,671,512	10.00	3	3.00	185.00	1.110	0.00
14	566,453	2,672,477	10.00	3	3.00	285.00	1.000	1.00
15	565,981	2,672,537	100.00	5	33.00	435.00	1.820	10.70
16	565,243	2,672,683	30.00	4	10.00	940.00	3.000	4.20
18	565,537	2,673,306	150.00	4	50.00	330.00	3.650	6.90
19	566,077	2,673,052	40.00	5	13.00	670.00	3.000	13.40
20	566,572	2,673,543	50.00	5	16.00	123.00	3.200	7.00

Tabla 4-2.- Características generales de los sondeos eléctricos verticales realizados en la barrera arenosa El Mogote

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

CAPÍTULO 5
PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA Y CIRCULACIÓN
TABLA DE CONTENIDO

5.1. INTRODUCCIÓN 5-1

5.2. MÉTODOS 5-2

5.2.1 PROGRAMA DE OBSERVACIONES 5-2
5.2.1.1 OBSERVACIONES MENSUALES DE PERFILES VERTICALES DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA 5-2
5.2.1.2 OBSERVACIONES CONTINUAS DE CORRIENTES Y PROPIEDADES DEL AGUA EN TRANSECTOS DURANTE 24 HORAS 5-3
5.2.1.3 OBSERVACIONES CONTINUAS DE CORRIENTES, TEMPERATURA Y NIVEL DEL MAR DURANTE DOS MESES 5-3
5.2.1.4 MODELACIÓN DE LA MAREA 5-4

5.3. RESULTADOS 5-5

5.3.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA 5-5
5.3.2 OBSERVACIONES DE CORRIENTES Y NIVEL DEL MAR 5-9
5.3.3 MODELACIÓN DE LA MAREA 5-14

5.4. REFERENCIAS 5-18

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1. Diagrama de las componentes del programa de observaciones 5-2
Figura 5-2. Distribución Estacional de Propiedades a lo largo del eje principal de la Ensenada de La Paz 5-7
Figura 5-3. Variación Temporal a lo largo del Eje de la Ensenada de La Paz. Los números se refieren a la estación de muestreo 5-8
Figura 5-4. Comparación entre las observaciones del nivel del mar obtenidas por el ADCP y la predicción de la marea en el Muelle Fiscal de La Paz 5-9
Figura 5-5. Observaciones de Temperatura, Nivel del Mar y Corrientes en la Ensenada de La Paz frente al "Hotel Misión" 5-10
Figura 5-6. Condiciones de flujo y reflujo en mareas muertas y mareas vivas. La profundidad del canal es representada mediante el tono de color azul, profundidades mayores corresponden a tonos obscuros y tonos claros corresponden a zonas menos profundas 5-12
Figura 5-7. Corriente residual durante un ciclo de 24 horas. Flechas blancas corresponden a valores superficiales y flechas rojas a valores cercanos al fondo 5-13
Figura 5-8. Condiciones de flujo y reflujo en la entrada de la Ensenada de La Paz 5-13
Figura 5-9. Comparación gráfica entre los campos observados y simulados mediante la modelación numérica. Las gráficas de la izquierda corresponden a los dos meses de la simulación y las de la derecha a un segmento de este período. El renglón superior presenta el nivel del mar, el renglón medio la componente Este-Oeste de la velocidad y el renglón inferior la componente Norte-Sur de la velocidad 5-14
Figura 5-10. Regresión lineal entre los campos observados y los campos simulados mediante la modelación numérica. Cuadro izquierdo: nivel del mar. Cuadro central: componente Este-Oeste de la velocidad. Cuadro derecho: componente Norte-Sur de la velocidad 5-15
Figura 5-11. Condiciones de flujo y reflujo durante mareas muertas y mareas vivas. La escala de color indica la elevación de la superficie libre. El recuadro interior representa las condiciones de la marea, el tiempo correspondiente a la gráfica está representado con un círculo rojo sobre la curva de la marea. Las flechas representan la magnitud y dirección de la corriente en cada posición. La escala de magnitud de la velocidad está indicada bajo el recuadro interior (0.5 ms-1) 5-16
Figura 5-12. Circulación residual para el período de la simulación numérica. La escala de color indica la magnitud de la corriente residual. Las flechas indican la dirección de la circulación. Las flechas están escaladas para tener el mismo tamaño y definir el patrón de circulación claramente.....5-17

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

5.1. INTRODUCCIÓN

Los patrones de circulación y las propiedades físicas del agua en la Ensenada de La Paz son descritos empleando los resultados de un programa de observaciones y de la modelación numérica de la marea, parte del proyecto de investigación "Ensenada de La Paz: Monitoreo de Propiedades Físicas, Dinámica e Intercambio con la Bahía de La Paz" de la Unidad La Paz del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE-La Paz).

El proyecto comprende un conjunto de mediciones, iniciado en Julio del 2002, cuyo objetivo es monitorear las propiedades físicas del agua, estudiar la circulación y el intercambio de la Ensenada de La Paz con la Bahía de La Paz. El presente trabajo complementa dicho programa de observaciones para cubrir los objetivos específicos requeridos en la manifestación de impacto ambiental.

Las observaciones constan de tres aspectos:

1. Observaciones mensuales de perfiles de las propiedades físicas del agua en nueve estaciones localizadas a lo largo del canal central de la Ensenada de La Paz (cuadros azules en Fig. 5-1).

2. Observaciones continuas de corrientes y propiedades del agua en transectos durante 24 horas. Estos muestreos de 24 horas se realizan durante mareas vivas y mareas muertas (líneas negras en la Fig. 5-1).

3. Observaciones continuas de corrientes, temperatura y nivel del mar durante dos meses en el canal de entrada de la Ensenada de La Paz frente al predio del desarrollo (rombo rojo en la Fig. 5-1).

La modelación de la marea consiste en la simulación de los campos de velocidad y nivel del mar en el área de estudio empleando un modelo numérico que utiliza las ecuaciones no-lineales de aguas someras. El forzamiento es introducido en el modelo mediante las condiciones de frontera empleando la predicción de la marea. La simulación se realiza para los períodos de tiempo de las observaciones con objeto de validar los resultados.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

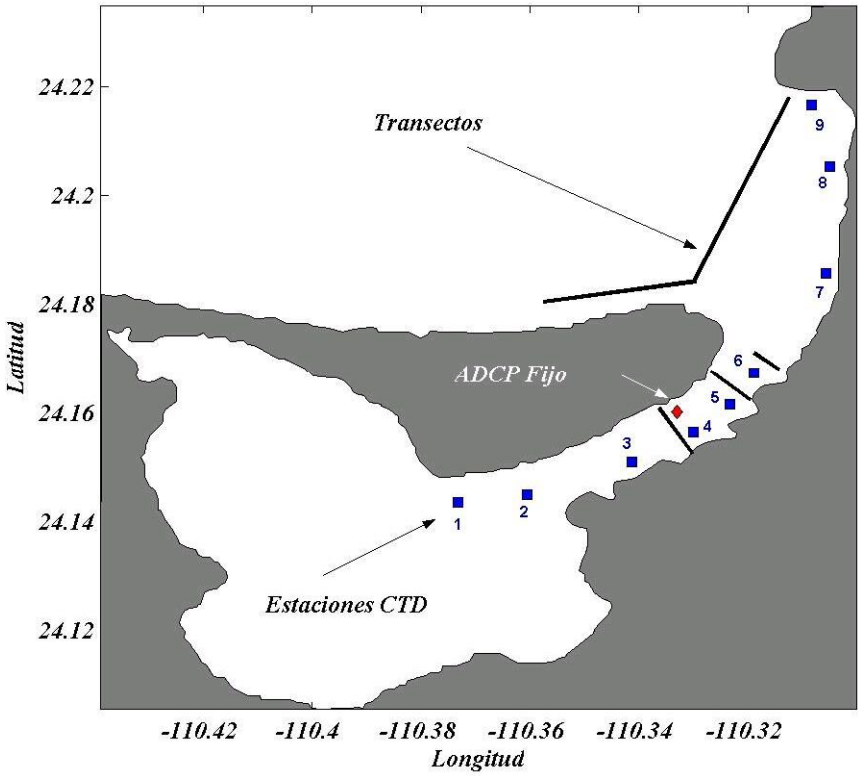


Figura 5-1. Diagrama de las componentes del programa de observaciones.

5.2. MÉTODOS

5.2.1 Programa de Observaciones

5.2.1.1 Observaciones mensuales de perfiles verticales de las propiedades físicas del agua

Se obtuvieron observaciones mensuales de las propiedades físicas del agua de mar en 9 estaciones señaladas como *Estaciones CTD* en la Figura 5-1, durante el período Julio 2002 a Junio 2003. En estas observaciones se utilizó un perfilador de presión, temperatura y conductividad (CTD) marca *Falmout*, modelo *Micro CTD*. Las estaciones de muestreo se localizan a lo largo del eje longitudinal de la Ensenada de La Paz, en el canal principal. El muestreo en cada estación y en cada mes consiste en la medición del perfil vertical de la presión, temperatura y conductividad. Con esta información se derivan además los perfiles verticales de salinidad y densidad. No se presentan observaciones a lo largo del eje transversal dado que las propiedades cambian muy poco en ese sentido y no aportan información relevante para los fines de este trabajo.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

En la sección de resultados se presentan estas observaciones en dos formas:

- Distribuciones espaciales de las propiedades para cada estación del año (primavera, verano, otoño e invierno). En este caso se promediaron los perfiles en cada localidad correspondientes a los meses de cada estación del año y se calcularon las isolíneas de las propiedades en el plano vertical, definido por la profundidad y la distancia a lo largo del eje longitudinal de la ensenada.

- Variación temporal de propiedades en cada localidad de muestreo. Se calcularon los promedios de las propiedades en cada perfil graficándose estos valores como función del tiempo para representar el ciclo estacional.

5.2.1.2 Observaciones continuas de corrientes y propiedades del agua en transectos durante 24 horas

Las observaciones continuas a lo largo de transectos son diseñadas para describir los cambios de propiedades durante un ciclo de marea. Permiten además obtener las propiedades promedio a lo largo del transecto. Se realizaron dos conjuntos de mediciones continuas durante 24 horas a lo largo de cuatro transectos (Fig. 5-1), durante mareas vivas y durante mareas muertas. En cada una de estas ocasiones se recorrió el transecto continuamente de un extremo al otro midiendo los perfiles de velocidad y de propiedades físicas. Los perfiles de velocidad son medidos utilizando un perfilador acústico de corrientes marca RD Instruments, modelo Work Horse 600Khz. Este instrumento permite obtener el perfil vertical de la corriente a intervalos de 0.5 metros de profundidad y de 75 metros en la dirección horizontal mientras se navega a una velocidad de 5 nudos. Los parámetros físicos del agua son medidos en estaciones a lo largo del transecto. Estas estaciones son ocupadas en cada recorrido completo del transecto. Este procedimiento permite obtener un perfil de la distribución de velocidades cada hora y de la distribución de propiedades físicas del agua cada dos horas durante el período de 24 horas.

5.2.1.3 Observaciones continuas de corrientes, temperatura y nivel del mar durante dos meses

Se instaló un perfilador acústico de corrientes RD Instruments, Modelo Work Horse 300Khz (ADCP) equipado con sensor de temperatura y presión durante el período marzo 12 a mayo 10, 2003 (Fig. 5-1). El instrumento fue programado para obtener mediciones cada 10 minutos con valores de la corriente a intervalos de 0.5 metros desde la superficie al fondo. Las observaciones fueron procesadas resultando en series de tiempo horarias de la temperatura, nivel del mar y las componentes de la velocidad.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

5.2.1.4 Modelación de la marea

El modelo utilizado para simular los campos de velocidad y del nivel del mar se basa en las ecuaciones no-lineales de movimiento y conservación de masa verticalmente integradas:

$$\partial_t M + M\partial_x M + gD\partial_x \eta + Nf + \frac{\tau_x}{\rho} = 0$$

$$\partial_t N + N\partial_y N + gD\partial_y \eta - Mf + \frac{\tau_y}{\rho} = 0$$

$$\partial_t \eta + \partial_x M + \partial_y N = 0$$

donde *f* es el parámetro de Coriolis, ρ es la densidad del agua, *D* es la profundidad. *M* y *N* son las componentes de la velocidad integradas verticalmente:

$$M = \int_{-h}^{\eta} u dz \; ; N = \int_{-h}^{\eta} v dz$$

Las componentes de la fricción del fondo (τ_x, τ_y) son definidas como:

$$\frac{\tau_x}{\rho} = \frac{CM}{2gD^2}\sqrt{M^2 + N^2} \quad ; \frac{\tau_y}{\rho} = \frac{CN}{2gD^2}\sqrt{M^2 + N^2}$$

cuya forma final se obtiene empleando el coeficiente de fricción de Manning:

$$n = \sqrt{\frac{C \; D^{1/3}}{2 \; g}}$$

$$\frac{\tau_x}{\rho} = \frac{g \; n^2}{D^{7/3}} \; M \; \sqrt{M^2 + N^2} \; ; \; \frac{\tau_y}{\rho} = \frac{g \; n^2}{D^{7/3}} \; N \; \sqrt{M^2 + N^2}$$

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

Las ecuaciones son resueltas siguiendo el esquema de integración y condiciones de frontera de Nagamo, et al. [1991]: un esquema de integración de diferencias finitas centrales llamado "salto de rana". La malla de integración utiliza la batimetría de la Ensenada de La Paz con un tamaño de celda de 150 x 150 metros. La profundidad total *D* en cada punto de la malla cambia en el tiempo de acuerdo a los cambios de elevación de la superficie libre de acuerdo al esquema descrito por Iwasaki y Mano [1979], y Hibberd y Peregrine [1979].

El forzamiento es introducido en la integración mediante la condición de frontera en el extremo norte de la malla empleando la predicción de la marea, calculada considerando todas las frecuencias estacionales, mensuales, quincenales, diurnas y semidiurnas. El paso de tiempo de integración es de 5 segundos y la salida de resultados corresponde a valores horarios promedio de la velocidad y la elevación de la superficie en cada punto de malla.

El carácter no-lineal del modelo, el ajuste de la profundidad total en cada paso de tiempo y el forzamiento empleando la predicción "total" del nivel del mar producen campos de velocidades y de elevación que pueden ser comparados directamente con observaciones a diferencia de los modelos lineales de marea empleados comúnmente, los cuales son forzados por una sola frecuencia de marea.

5.3. RESULTADOS

5.3.1 Propiedades físicas del agua

En la Figura 5-2 se muestran las distribuciones espaciales de propiedades a lo largo del eje longitudinal de la Ensenada de La Paz para cada estación del año. El origen de la coordenada de distancia es la posición de la estación de muestreo 1 (interior de la ensenada) y ésta se incrementa hacia la estación de muestreo 9 (boca de la ensenada).

Las observaciones muestran un gradiente de propiedades a lo largo del canal principal durante todas las estaciones del año y una distribución vertical casi constante. La salinidad y la densidad se incrementan hacia el interior de la ensenada en todas las estaciones del año, mientras que la temperatura se incrementa hacia el interior en el verano y este gradiente se invierte el resto del año.

La salinidad durante la primavera presenta un rango de 37.9 en el interior a 35.8 *PSU* en la boca. Su distribución vertical es prácticamente uniforme indicando una mezcla intensa. En verano sus valores extremos disminuyen (37.5 a 35.5 *PSU*) pero la magnitud del gradiente se conserva casi constante (2 *PSU*). Para el otoño el rango disminuye aún más (36.5 a 35.5 *PSU*) y el gradiente se reduce en un 50% (1 *PSU*). En invierno los valores extremos y el rango longitudinal cambian poco respecto al otoño (rango de 36.8 a 35.6 PSU, y gradiente 1.2 PSU).

El gradiente de temperatura a lo largo del canal principal cambia de sentido entre el verano y el resto del período de observaciones. La temperatura es mayor en el interior durante el verano y es menor en el interior durante el resto del año. La temperatura en el interior alcanza los 30.1°C y los 29.4 °C

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

en el exterior durante el verano; en otoño el gradiente se invierte observándose temperaturas de 21.4 y 23.9 °C en el interior y el exterior de la ensenada respectivamente; las menores temperaturas se registraron en invierno con valores de 20.6 y 21.5 °C en el interior y el exterior respectivamente.

La Figura 5-3 muestra la distribución temporal de propiedades en cada una de las estaciones de muestreo, una línea por cada estación indicando la correspondencia en el cuadro correspondiente a la salinidad. Las propiedades muestran una variación estacional marcada.

El ciclo estacional de temperatura es similar a todo lo largo del eje de la ensenada, las curvas de temperatura se sobreponen, el rango de variación es de 9 a 10 °C con valores máximos de 30 °C en septiembre y valores mínimos de 21 °C a fines de enero. Este rango estacional contrasta con el rango de variación espacial de la temperatura, el cual es de aproximadamente 1 °C durante todo el año.

La salinidad muestra un comportamiento diferente a lo largo de la ensenada, con valores máximos entre abril y mayo. El rango estacional de variación en el interior de la ensenada (~1.5 PSU) es mayor que en las estaciones cerca del extremo exterior (~0.5 PSU), reflejo de la evaporación durante el verano sobre la región más somera y aislada de la comunicación con la Bahía de La Paz. La salinidad es siempre mayor al interior de la ensenada.

La densidad es controlada tanto por la salinidad como por la temperatura mostrando un ciclo estacional bien definido, con amplitudes similares en todas las estaciones pero con densidades mayores al interior. El efecto combinado de las variaciones estacionales de temperatura y salinidad mantienen un gradiente de densidad casi constante durante el año (1.1 kg/m-3 en promedio) indicando que la ensenada tiene un equilibrio en el que el exceso de sal dejado por la evaporación es exportado hacia la Bahía de La Paz.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

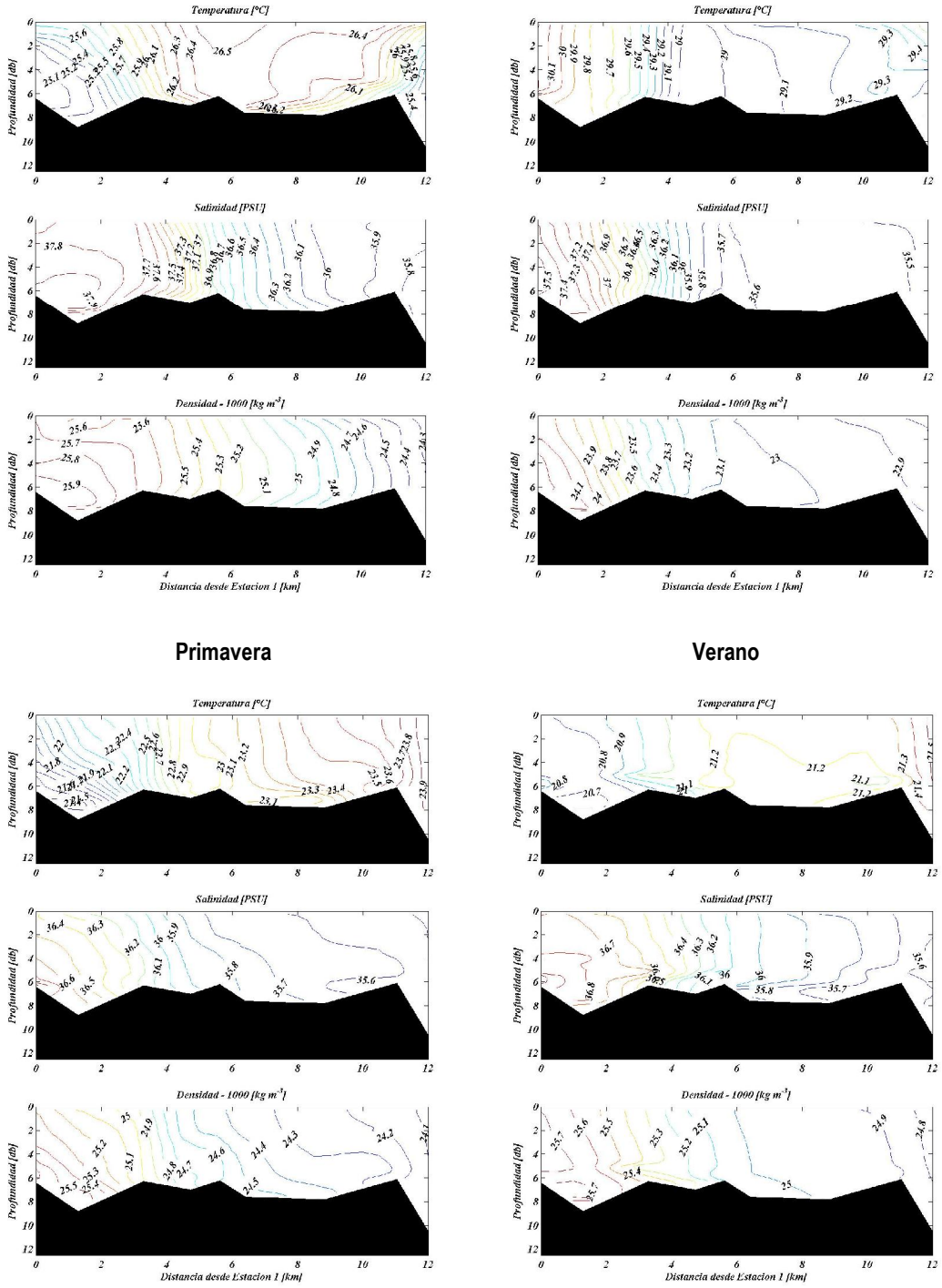


Figura 5-2. Distribución estacional de propiedades a lo largo del eje principal de la Ensenada de La Paz.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

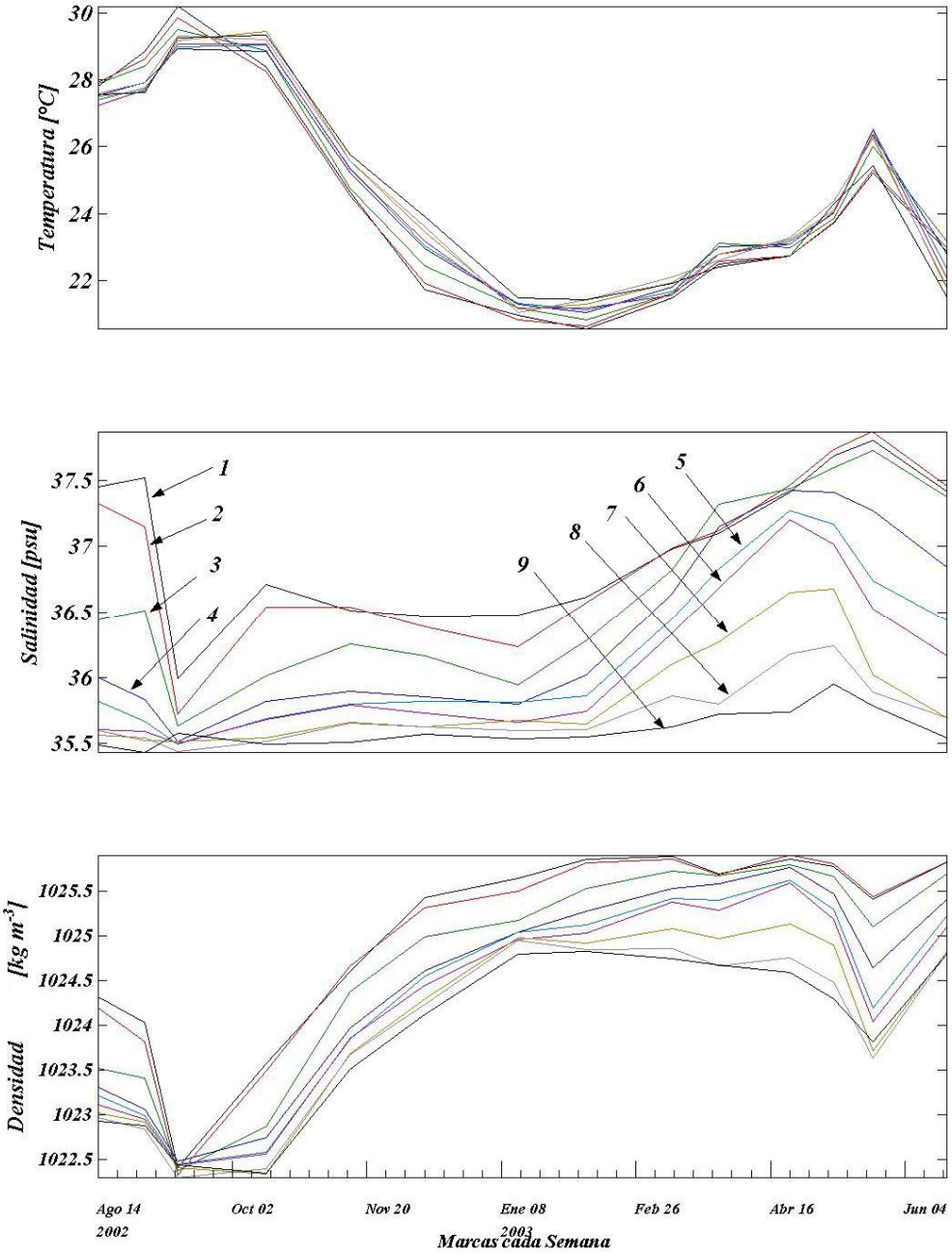


Figura 5-3. Variación temporal a lo largo del Eje de la Ensenada de La Paz. Los números se refieren a la estación de muestreo.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

5.3.2 Observaciones de Corrientes y Nivel del Mar

En la Figura 5-5 se presentan las observaciones continuas obtenidas mediante el perfilador acústico de corrientes (ADCP) para el período marzo 12 a mayo 10, 2003. El instrumento se localizó en el canal norte, cercano a El Mogote, frente a la marina proyectada (Fig. 5-1). El instrumento registra además el nivel del mar y la temperatura. Las componentes de la corriente han sido promediadas verticalmente y proyectadas en las direcciones tangente y normal al eje del canal principal para representar las corrientes de *flujo-reflujo* y *normal*, representativas del régimen de marea dominante en el sitio de mediciones.

La marea tiene carácter mixto, con dos pleamares y dos bajamares durante un día lunar siendo las pleamares, y las bajamares, sucesivas de diferente amplitud. El rango de marea alcanza los 2 metros durante mareas vivas y 1 metro durante mareas muertas.

Las observaciones horarias de mareas fueron comparadas con la predicción de marea correspondiente a la estación mareográfica del Muelle Fiscal de La Paz, instalada y operada por la Universidad Nacional Autónoma de México durante el período 1952 a 1983. La comparación muestra que las observaciones y la predicción son similares dentro del rango de error de las mediciones y de la predicción. La Figura 5-4 muestra la comparación, el resultado indica que existe una correlación de 0.99 y que las observaciones corresponden uno a uno con la predicción (dentro del rango de error) como esperaríamos para dos localidades tan cercanas.

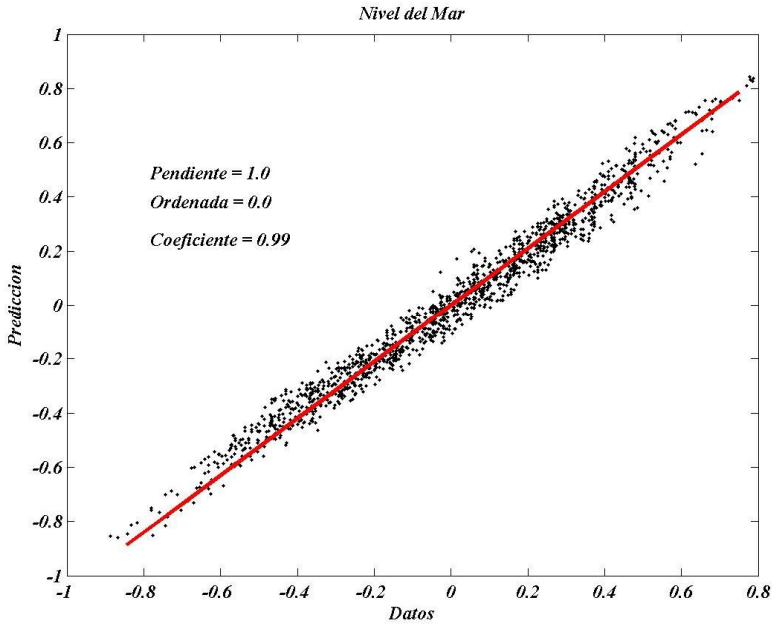


Figura 5-4. Comparación entre las observaciones del nivel del mar obtenidas por el ADCP y la predicción de la marea en el Muelle Fiscal de La Paz.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

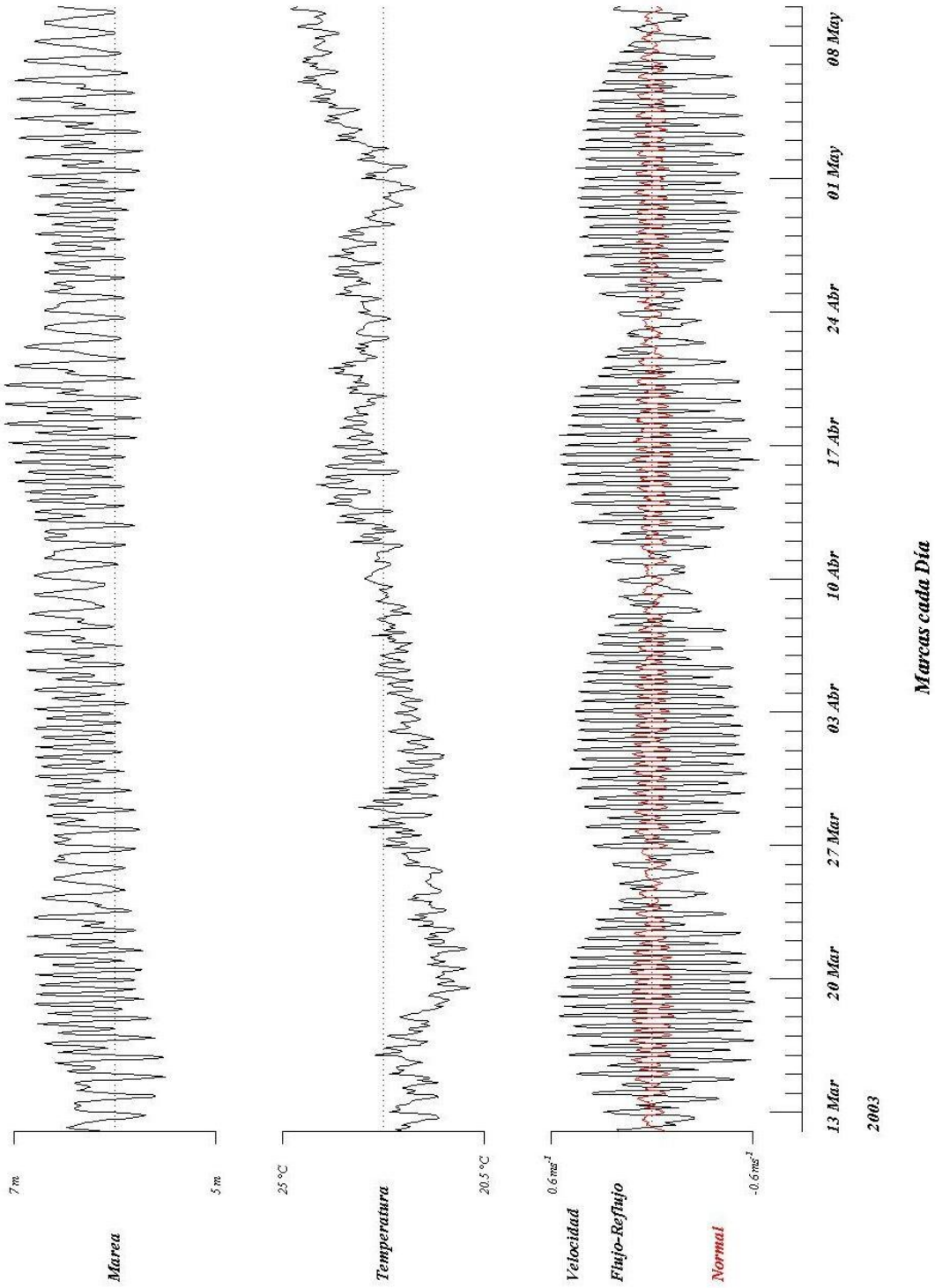


Figura 5-5. Observaciones de Temperatura, Nivel del Mar y Corrientes en la Ensenada de La Paz frente al "Hotel Misión"

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

El registro de temperatura de dos meses obtenido en el ADCP muestra valores extremos de 20.5 a 25 °C (dentro del rango para esta época del año descrito en la sección anterior). La variabilidad de la temperatura muestra principalmente dos escalas de tiempo: la diurna, con rangos de 1 a 2 °C; y la de una semana aproximadamente, con rango de 3 a 4 °C. La tendencia de la temperatura es a incrementarse durante el período de observaciones, que corresponde del fin de invierno al fin de la primavera.

Las corrientes observadas durante los dos meses de mediciones presentan un patrón de flujo y reflujo a lo largo del canal con magnitudes máximas de 0.7 ms^{-1} durante mareas vivas y de 0.4 ms^{-1} en mareas muertas. La corriente en dirección normal al canal es pequeña con magnitudes menores a 0.1 ms^{-1}. Este patrón corresponde a corrientes generadas por el llenado y vaciado de la ensenada y su magnitud depende del rango de marea. El promedio de las observaciones de corrientes durante este período de dos meses es considerado como la corriente residual, es decir la corriente persistente una vez que los efectos de la marea han sido eliminados. La corriente residual en el sitio de observaciones tiene una magnitud de 0.05 ms^{-1} y una dirección de 42° respecto del norte verdadero: se orienta a lo largo del canal, como la corriente de flujo y reflujo, dirigiéndose hacia el exterior de la ensenada.

La Figura 5-6 representa las condiciones de flujo y reflujo de la corriente en el canal principal de la Ensenada de La Paz. Las observaciones empleadas corresponden a las mediciones continuas durante 24 horas a lo largo de los tres transectos mostrados en la Figura 5-1 y realizadas en Julio 02, 2002 (mareas muertas) y Julio 23, 2002 (mareas vivas). Estas observaciones tienen un carácter similar a las observadas por el ADCP instalado durante dos meses: el régimen es dominado por el flujo y reflujo de la marea al llenar y vaciar la ensenada conforme se eleva y disminuye el nivel del mar. Si bien la duración de las observaciones es corta (24 horas en mareas vivas y 24 horas en mareas muertas), nos permiten describir espacialmente el comportamiento del patrón de circulación. Observamos en la Figura 5-6 que la magnitud máxima de la corriente de flujo y reflujo es mayor que en el caso de las observaciones de 2 meses. La magnitud máxima durante las 24 horas correspondientes a mareas muertas es de 0.6 ms^{-1} y de 1.0 ms^{-1} durante mareas vivas, esta diferencia entre los dos conjuntos de observaciones es debida a la diferencia de rango de la marea entre esas fechas.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

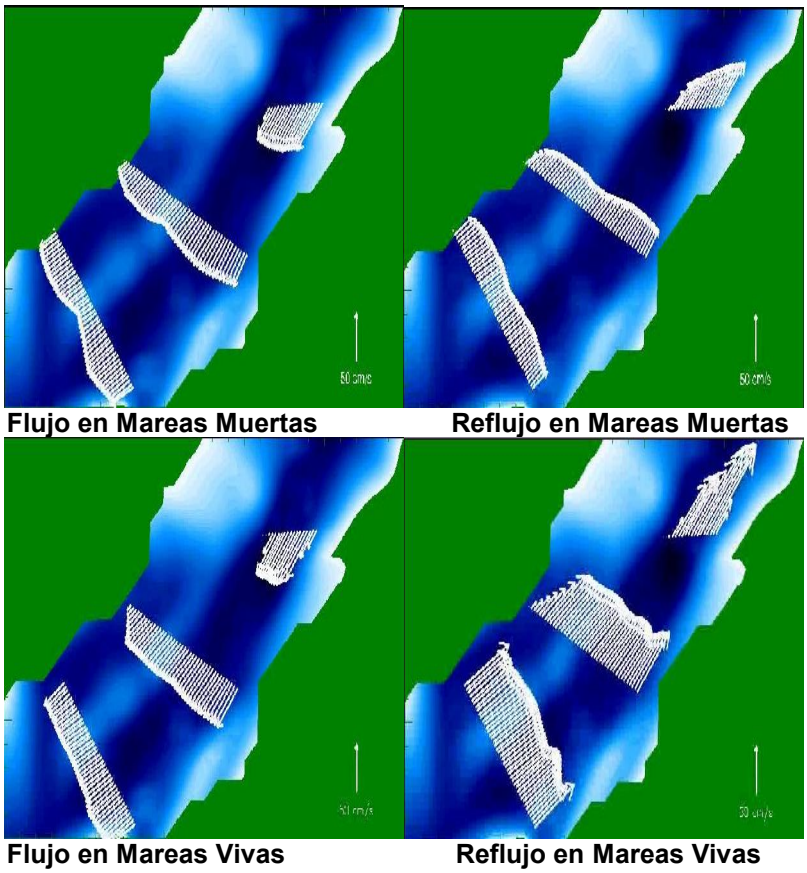


Figura 5-6. Condiciones de flujo y reflujo en mareas muertas y mareas vivas. La profundidad del canal es representada mediante el tono de color azul, profundidades mayores corresponden a tonos obscuros y tonos claros corresponden a zonas menos profundas.

La corriente residual para las observaciones durante 24 horas se presenta en la Figura 5-7. La corriente residual tiene valores de 0.02 a 0.05 ms^{-1} con dirección hacia el interior de la ensenada en el canal sur, más profundo y dirección hacia el exterior en el canal norte. Las magnitudes y direcciones son similares a las encontradas en las observaciones de dos meses de duración.

La corriente total (observada) varía espacialmente en magnitud: es de mayor magnitud en las partes profundas que en las partes someras debido al efecto de la fricción del fondo. Estas diferencias espaciales aunadas a la asimetría entre el flujo y el reflujo son responsables de generar la corriente residual.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

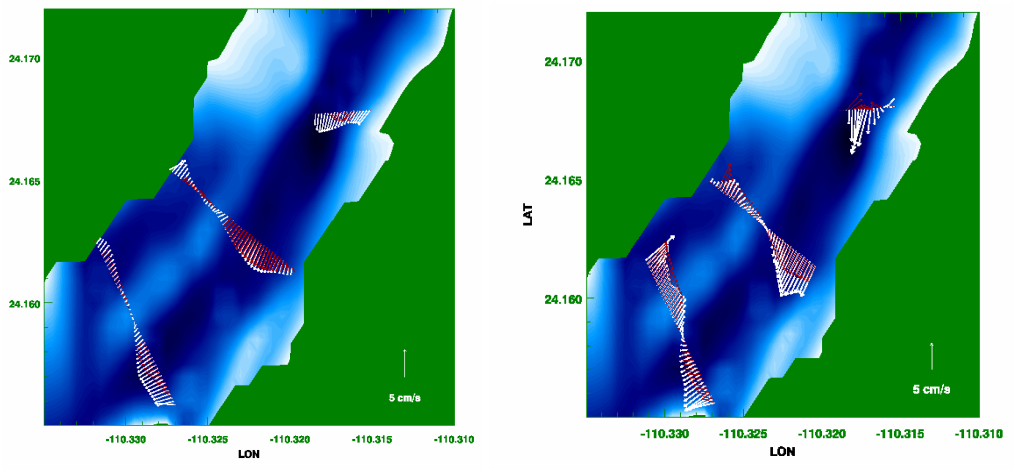


Figura 5-7. Corriente residual durante un ciclo de 24 horas. Flechas blancas corresponden a valores superficiales y flechas rojas a valores cercanos al fondo.

El comportamiento de las condiciones de flujo y reflujo en el cuarto transecto (parte exterior de la Ensenada de La Paz, Fig. 5-1) es similar a los anteriores (Fig. 5-8): el régimen es dominado por el flujo y reflujo de la marea con magnitudes que dependen del rango entre pleamar y bajamar durante el período de observaciones, orientándose en dirección del canal.

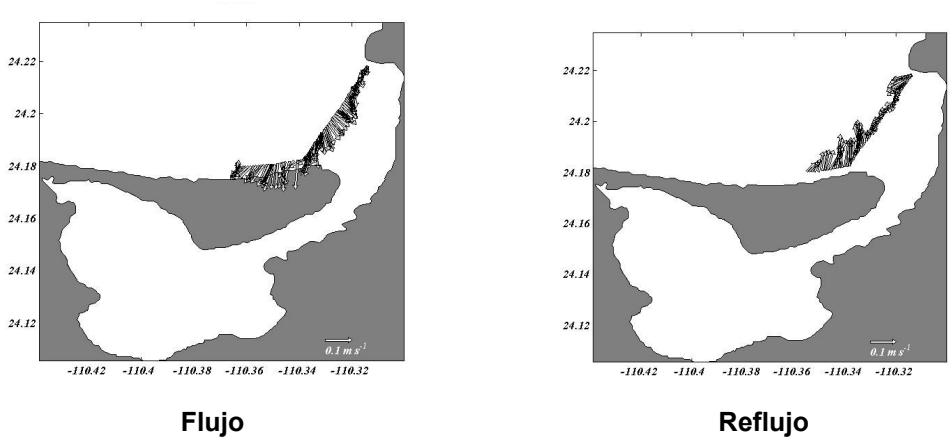


Figura 5-8. Condiciones de flujo y reflujo en la entrada de la Ensenada de La Paz.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

5.3.3 Modelación de la marea

Para obtener una descripción de los patrones de circulación y de la elevación de la superficie libre (marea) en toda la Ensenada de La Paz se realizó una simulación numérica de la marea para el período de dos meses (marzo 12 a mayo 10, 2003) en que se mantuvo instalado el perfilador acústico de corrientes (ADCP). Los resultados de la simulación comprenden los campos de velocidad y elevación en todos los puntos de la malla de integración a intervalos de una hora.

De estos resultados fueron extraídos los valores correspondientes a la posición del instrumento con objeto de validar el desempeño del modelo. En la Figura 5-9 se presenta la comparación gráfica entre la simulación y las observaciones. Las curvas negras corresponden a las observaciones y las curvas rojas a la simulación. En la columna izquierda se presentan los dos meses y en la columna derecha un segmento de este período para observar con mayor claridad el resultado.

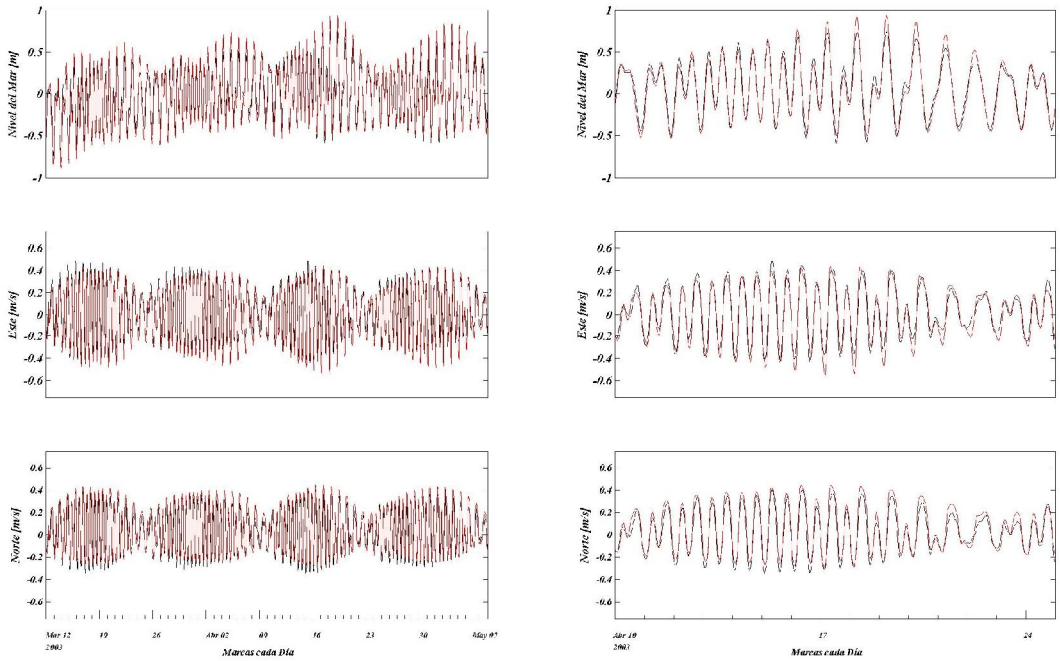


Figura 5-9. Comparación gráfica entre los campos observados y simulados mediante la modelación numérica. Las gráficas de la izquierda corresponden a los dos meses de la simulación y las de la derecha a un segmento de este período. El renglón superior presenta el nivel del mar, el renglón medio la componente Este-Oeste de la velocidad y el renglón inferior la componente Norte-Sur de la velocidad.

La simulación reproduce con bastante precisión las observaciones. Las pequeñas diferencias son atribuibles a: errores de redondeo en la modelación, precisión de las observaciones y a las

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

contribuciones de otros fenómenos físicos como corrientes de densidad e inducidas por el viento, en las observaciones.

La regresión lineal entre los campos observados y simulados (Fig. 5-10) confirma esta apreciación, resultando en correspondencias aproximadas de 1:1 y altos valores de correlación (> 0.95) en todos los campos. Estos resultados indican que el modelo numérico reproduce adecuadamente la circulación y la elevación de la superficie.

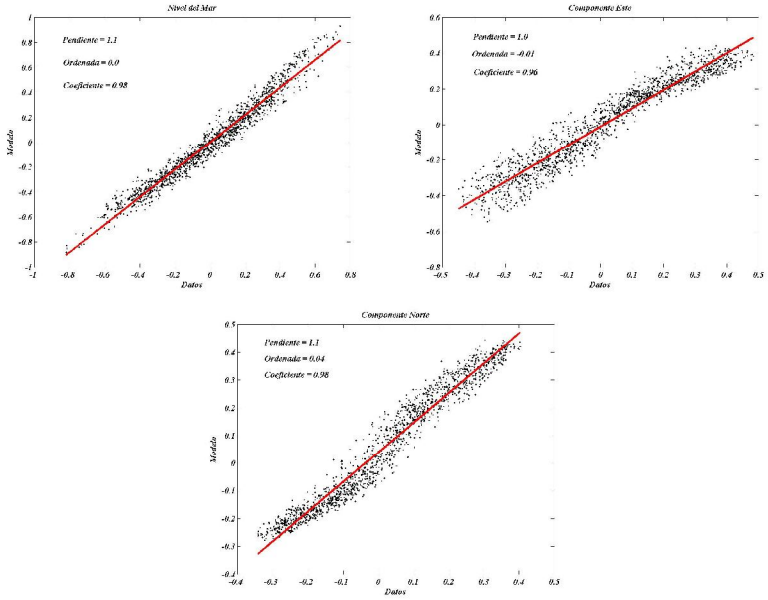


Figura 5-10**:** Regresión lineal entre los campos observados y los campos simulados mediante la modelación numérica. Cuadro izquierdo: nivel del mar. Cuadro central: componente Este-Oeste de la velocidad. Cuadro derecho: componente Norte-Sur de la velocidad.

En la Figura 5-11 se presentan las condiciones de flujo y reflujo durante mareas muertas y mareas vivas resultantes de la simulación. Los patrones de circulación son similares durante ambas fases de la marea (mareas muertas y mareas vivas), la diferencia relevante entre ambas fases es la magnitud de la elevación de la superficie y de la corriente generada. La marea ingresa por la boca de la Ensenada de La Paz (extremo este del Mogote y Punta Prieta) pasando sobre el bajo que corre al o largo de esta línea y se dirige hacia el interior por el canal principal. En el interior se dirige hacia el extremo oeste de la ensenada divergiendo hacia el norte y hacia el sur en dos circulaciones que corren a lo largo de las márgenes norte y sur de la ensenada respectivamente, para unirse nuevamente en el inicio del canal principal y salir de la ensenada durante el reflujo. La magnitud de la corriente es máxima a lo largo del canal principal alcanzando velocidades del orden de 0.6 ms^{-1} en mareas muertas y de 1 ms^{-1} en mareas vivas. La magnitud de la corriente es generalmente menor a 0.05 ms^{-1} en las circulaciones interiores en ambas fases de la marea.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

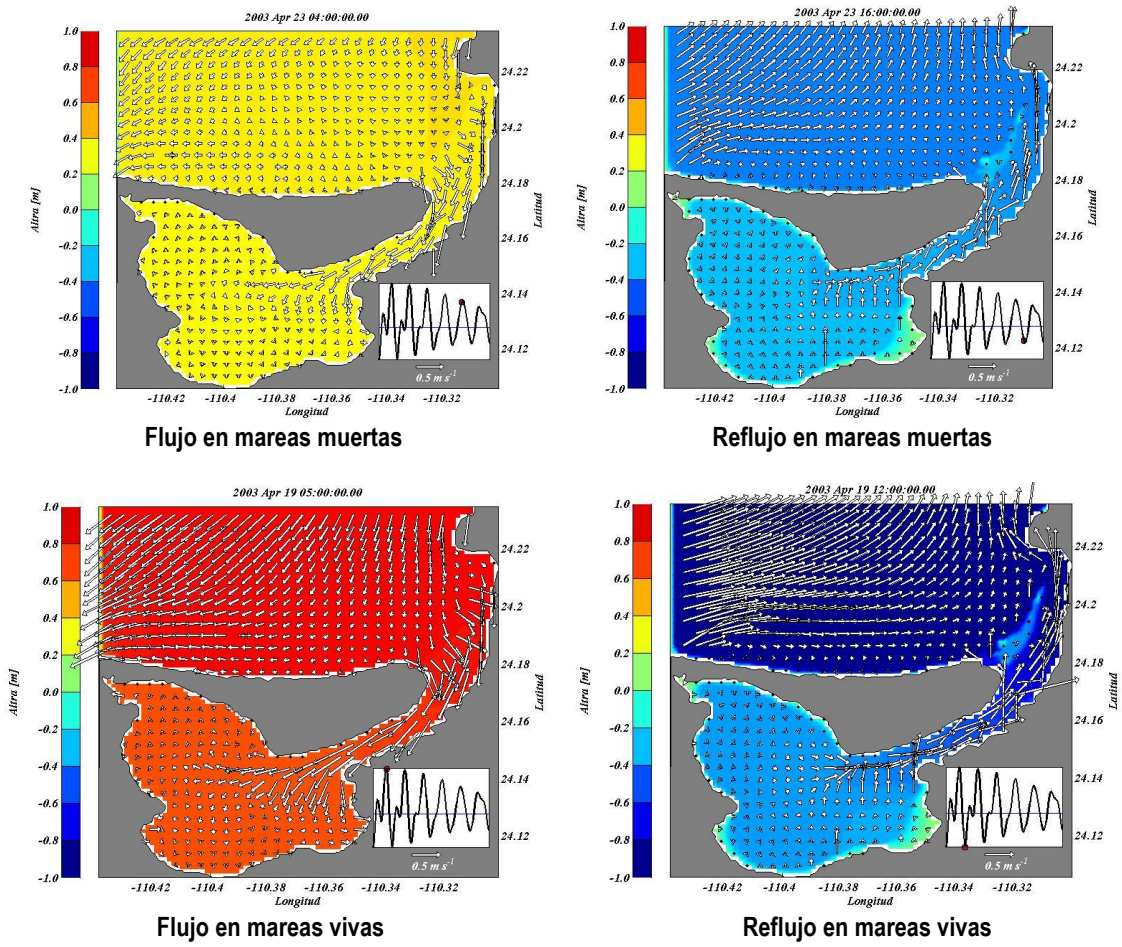


Figura 5-11. Condiciones de flujo y reflujo durante mareas muertas y mareas vivas. La escala de color indica la elevación de la superficie libre. El recuadro interior representa las condiciones de la marea, el tiempo correspondiente a la gráfica está representado con un círculo rojo sobre la curva de la marea. Las flechas representan la magnitud y dirección de la corriente en cada posición. La escala de magnitud de la velocidad está indicada bajo el recuadro interior (0.5 ms^{-1}).

La circulación residual, calculada para el período de la simulación se presenta en la Figura 5-12. La escala de color indica la magnitud de la corriente residual y las flechas la dirección de ésta, todas las flechas han sido escaladas al mismo tamaño para obtener una imagen clara del patrón de circulación. La magnitud de la corriente residual es menor o igual a 0.05 ms^{-1} en el interior de la Ensenada de La Paz y el área exterior circundante a El Mogote. El patrón de circulación es similar al de flujo-reflujo de la marea en el interior, consistente de dos circulaciones una en la parte norte (anticiclónica) y otra en la parte sur (ciclónica).

En el canal principal frente a El Mogote la circulación residual no es bien resuelta por el modelo debido a la resolución espacial de la malla de integración (150 *m*) pero las observaciones de los transectos indican que en esta región la corriente residual se dirige hacia el exterior en la zona norte del canal y hacia el interior en la zona sur. En la región exterior de la ensenada, al norte de El Mogote, cercana a la costa se presenta una circulación anticiclónica cuyos límites zonales son el

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

extremo oeste de la malla de integración y el extremo este de El Mogote. El límite meridional de esta circulación, la línea de la costa norte de El Mogote presenta velocidades hacia el oeste de aproximadamente 0.03 ms^{-1}.

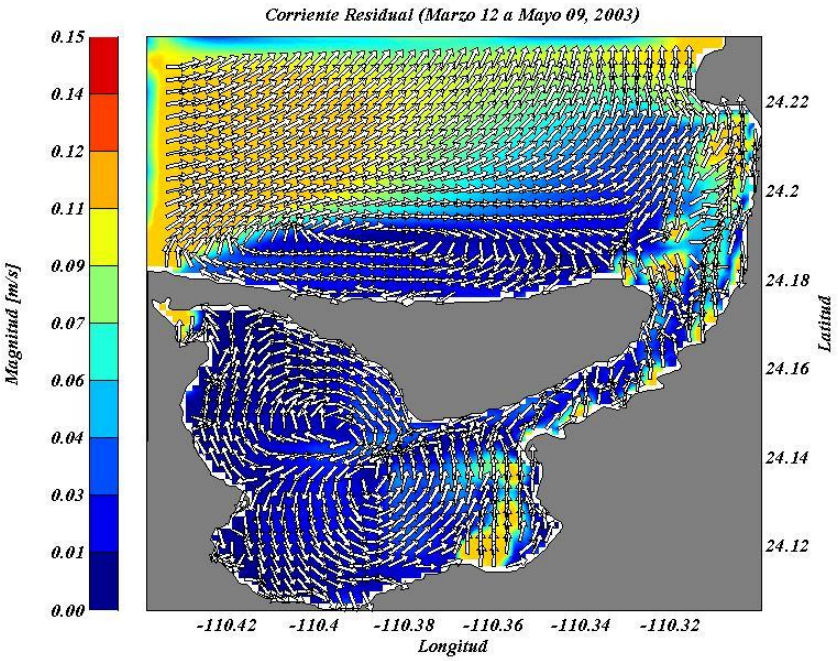


Figura 5-12. Circulación residual para el período de la simulación numérica. La escala de color indica la magnitud de la corriente residual. Las flechas indican la dirección de la circulación. Las flechas están escaladas para tener el mismo tamaño y definir el patrón de circulación claramente.

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

5.4. REFERENCIAS

Nagamo, O., F. Imamura, and N. Shuto, 1991: A numerical model for far-field tsunamis and its application to predict damages done to aquaculture. *Natural Hazards*. **(4):**235-255.

Iwasaki, T., and A. Mano, 1979: Two dimensional numerical simulation of tsunami run-ups in the Eulerian description. *Proc. 26th Conf. Coastal Eng., JSCE*, pp. 70-74 (in Japanese).

Hibberd, S., and D. H. Peregrine, 1979: Surf and run-up on a beach: a uniform bore. *J. Fluid Mech.* **(95)**: 323-345

pdfMachine
A pdf writer that produces quality PDF files with ease!
Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

2025

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL. PUNTA LA PAZ



ANEXO 4.4

PPYP DE LA ENSENADA DE LA PAZ

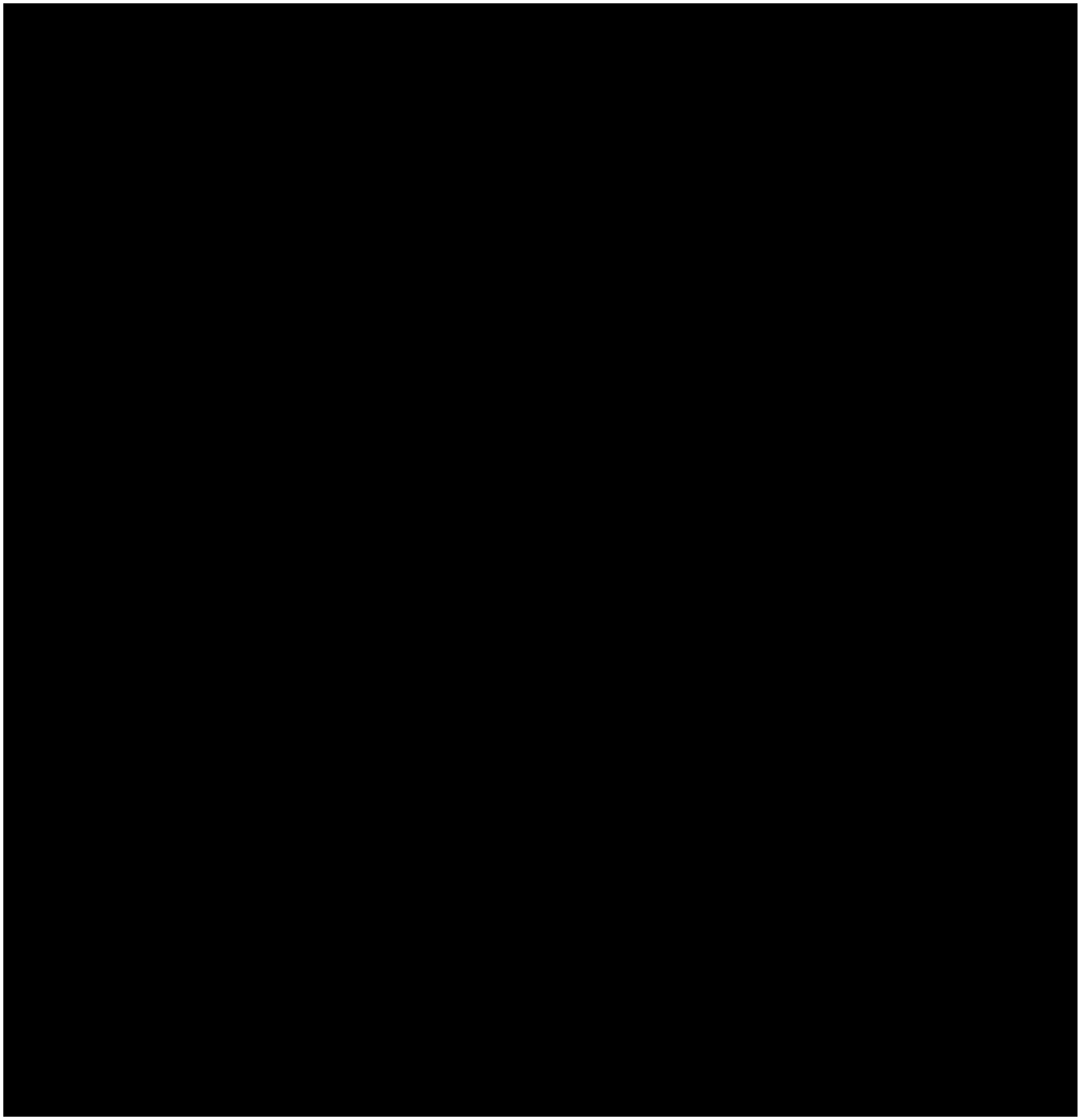
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
CICIMAR

PROGRAMA DE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN AL DESEQUILIBRIO AMBIENTAL Y MONITOREO DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE LA ENSENDA DE LA PAZ (ARIPEZ)

INFORME SEMESTRAL A LA EMPRESA PARAISO DEL MAR

JUNIO DE 2008

LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR



ÍNDICE

I. PRESENTACIÓN 1

II. ÁREA DE ESTUDIO 1

III. MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA 3

IV. NECTON 15

V. EL MANGLAR 30

VI. PLANCTON 61

VII. CONTAMINACION BACTERIANA 62

I. PRESENTACION

El presente, es el segundo informe parcial que hace el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional para la empresa Paraíso del Mar. Contiene la información obtenida durante los meses de julio a diciembre de 2007, tanto para la ensenada de Aripez como para los manglares de El Mogote. El subprograma de plancton, tiene un retraso de varios meses debido a la dificultad al operar la parte económica del proyecto, sin embargo los muestreos se han realizado en tiempo y forma y están pendientes de procesamiento las muestras obtenidas.

Tal como lo manifiesta el Manual para la protección y prevención al desequilibrio ecológico, la primera fase consta de 12 muestreos estacionales con los cuales se establecerá la línea base de partida para la construcción de los diferentes indicadores involucrados.

Los resultados aquí mostrados, comprenden a las estaciones de verano y otoño de 2007, las cuales presentaron una alta variabilidad tanto física como biológica. El evento del huracán Henriette, trajo consigo cambios en el sistema que se ven reflejados en todas las variables observadas y que sin duda, serán de gran utilidad para discriminar entre los efectos naturales y los antropogénicos.

II. ÁREA DE ESTUDIO

La ensenada de La Paz o de Aripez es un cuerpo de agua protegido que se encuentra en el extremo sureste de la Bahía de La Paz, en las coordenadas 24° 08' N y 110° 22' W (Fig. 1). Es una laguna costera de plataforma interna con barrera (Lankford, 1977); se encuentra separada de la Bahía de La Paz por una flecha arenosa (El Mogote) que se extiende de occidente a oriente por aproximadamente 12 Km. En su extremo apical tiene un ancho aproximado de 300 m y se amplía a los 3000 m en su parte distal. La laguna se encuentra comunicada con la Bahía de La Paz por un canal de mareas que se bifurca en dos en su salida hacia la bahía; el canal principal sale a la altura de Punta Prieta, tiene una profundidad promedio de 8 m y un ancho de 800 m, mientras que el canal que sale

frente al extremo oriental de El Mogote es muy angosto y variable debido a los procesos de sedimentación que tienen lugar en esa área.

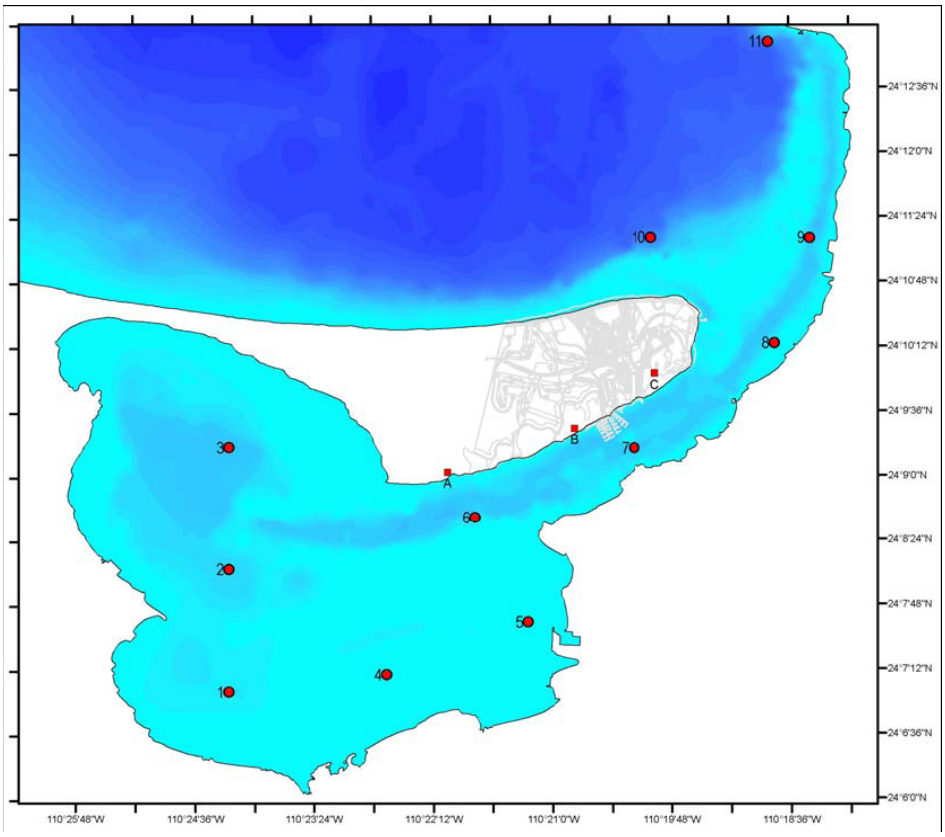


Figura II.1. Plan de estaciones de muestreo del Programa de Protección y Prevención al Desequilibrio y de Desempeño Ambiental del Proyecto Paraíso del Mar.

III. MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

III.1 INTRODUCCIÓN

La elaboración del documento se basa en criterios hidrológicos ya definidos anteriormente, se hace uso de los resultados de los análisis físico-químicos, obtenidos en muestras superficiales del cuerpo de agua en las estaciones establecidas previamente.

III.2 METODOLOGÍA

En cada una de las estaciones distribuidas en la zona de estudio (Fig. 1), se realizaron determinaciones *in situ* de temperatura (°C) y salinidad (ups) con un CTD marca Sea Bird SB19 plus; la transparencia de la columna de agua con un disco de Secchi de 0.30 m de diámetro y los nutrientes evaluados fueron: fosfatos, nitritos, nitratos y amonio. Las muestras de agua de mar se tomaron en botellas de plástico previamente lavadas con HCl al 10% y enjuagadas con agua destilada, se transportaron al laboratorio en hieleras. Todas las muestras de agua fueron filtradas, con filtros de fibra de vidrio GF/F, antes de realizar las determinaciones y se almacenaron en congeladores a —40° C. Las determinaciones se realizaron por técnicas espectrofotométricas descritas por Parsons y Maita (1986). Las concentraciones se expresan en µM.

El oxígeno disuelto en el agua se determinó por el método de Winkler, descrito por Parsons y Maita (1986). La toma de agua de mar se realizó con una botella de muestreo Niskin. Con la ayuda de una manguera de silicón transparente, se llenaron las botellas para la determinación de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), sin producir burbujeo ni turbulencia en el interior, las unidades se expresan en mg/l.

Para esta determinación de la concentración de Clorofila *a*, expresada se expresa en µg/l, se filtró agua en filtros GF/F. Este filtro es colocado en acetona al 90% en refrigeración durante 24 horas en la oscuridad. Después de esto, el solvente con el extracto es leído en un espectrofotómetro a distintas longitudes de onda. Con la aplicación de ecuaciones propuestas por Strickland y Parsons (1972) se calcula la concentración del pigmento.

III.3 RESULTADOS

Temperatura

Durante el mes de julio la temperatura promedio en superficie fue de 24.4° C, presentando un rango de variación desde 21.9° hasta 26.6 °C. Para el mes de agosto se registró una temperatura promedio de 27.1° C, en el mes de septiembre está aumentó un grado (28° C) y en octubre se registró la temperatura promedio más alta (29.16° C) del periodo estudiado, obteniéndose la menor variabilidad de este parámetro. Para el mes de noviembre, la temperatura promedio (26° C) disminuyó de manera gradual y en diciembre se registró la temperatura más baja (21.34° C) (Figura 1).

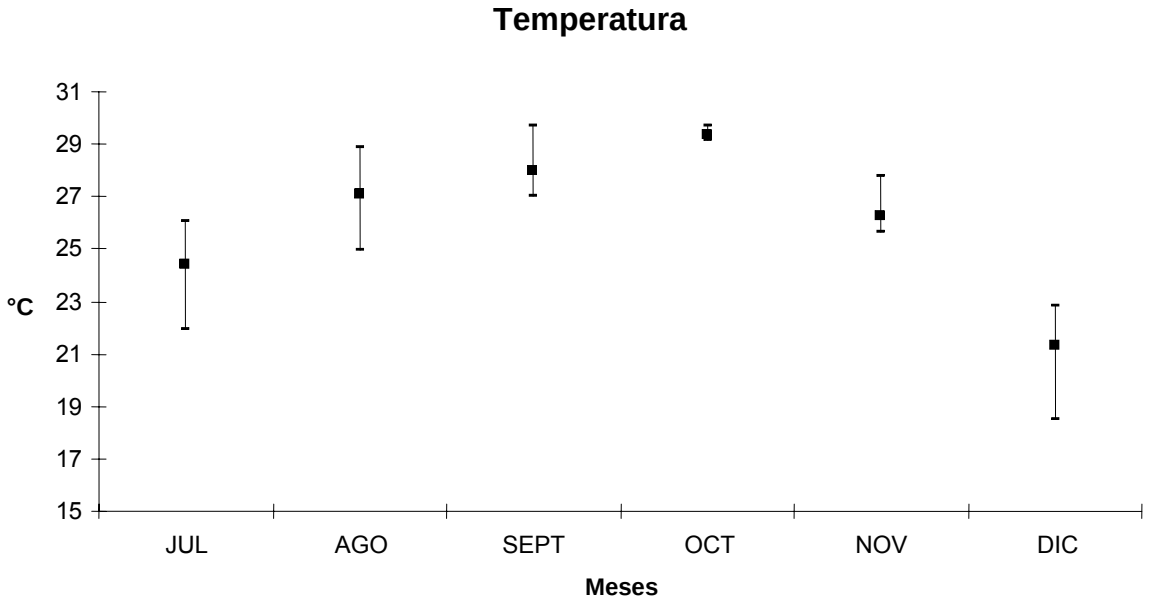


Figura 1. Temperatura promedio superficial en la ensenada durante los meses de julio a diciembre de 2007. Las barras señalan los valores mínimos y máximos respecto al valor promedio.

Visibilidad

La visibilidad promedio en la ensenada para el mes de julio fue de 2.4 m. En agosto este parámetro aumentó hasta 3.5 m. En septiembre se observó una disminución (1.3 m), el cual fue el valor más bajo registrado hasta el momento. En octubre, la visibilidad aumentó (2.8 m), conservando esta tendencia en los meses de noviembre y diciembre (Figura 2).

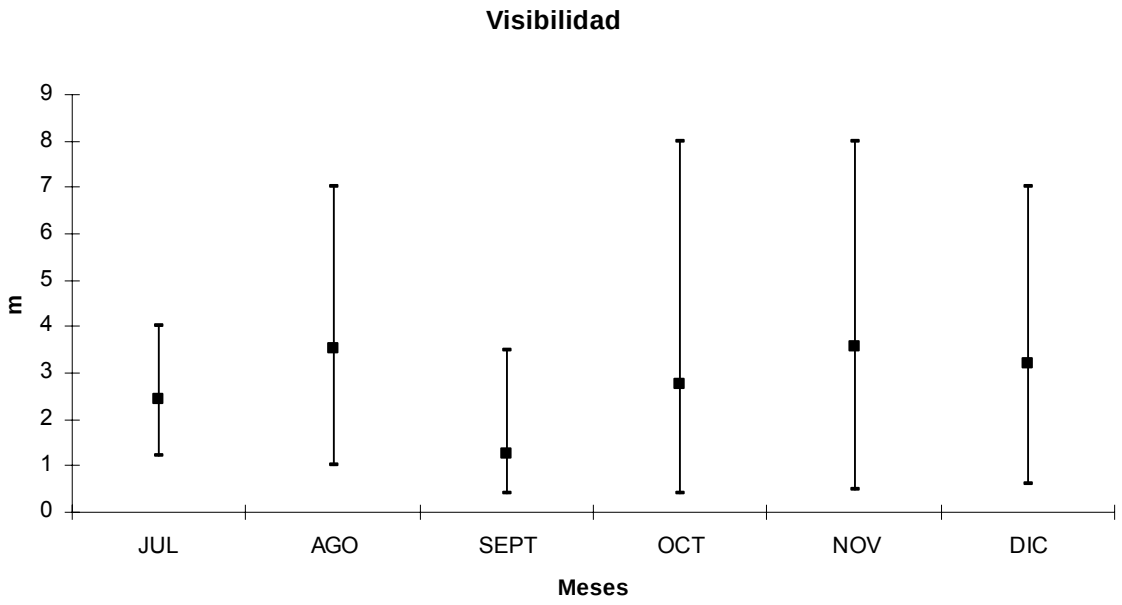


Figura 2. Visibilidad promedio en la ensenada durante los meses de julio a diciembre de 2007. Las líneas verticales señalan los valores mínimos y máximos respecto al valor promedio.

Salinidad

Este parámetro presentó un valor promedio más alto de 36.3 ups para el mes de julio (rango de 34.9 – 37.4 ups), un promedio de 36.1 ups para el mes de agosto (rango de 34.62 – 37.6 ups) y una reducción de 34.3 ups para el mes de septiembre (rango de 33.8 – 34.8 ups). En octubre aumentó nuevamente la salinidad (35.66 ups), en noviembre se registró un ligero aumento, y finalmente en diciembre volvió a bajar la salinidad promedio registrada (35.63 ups).

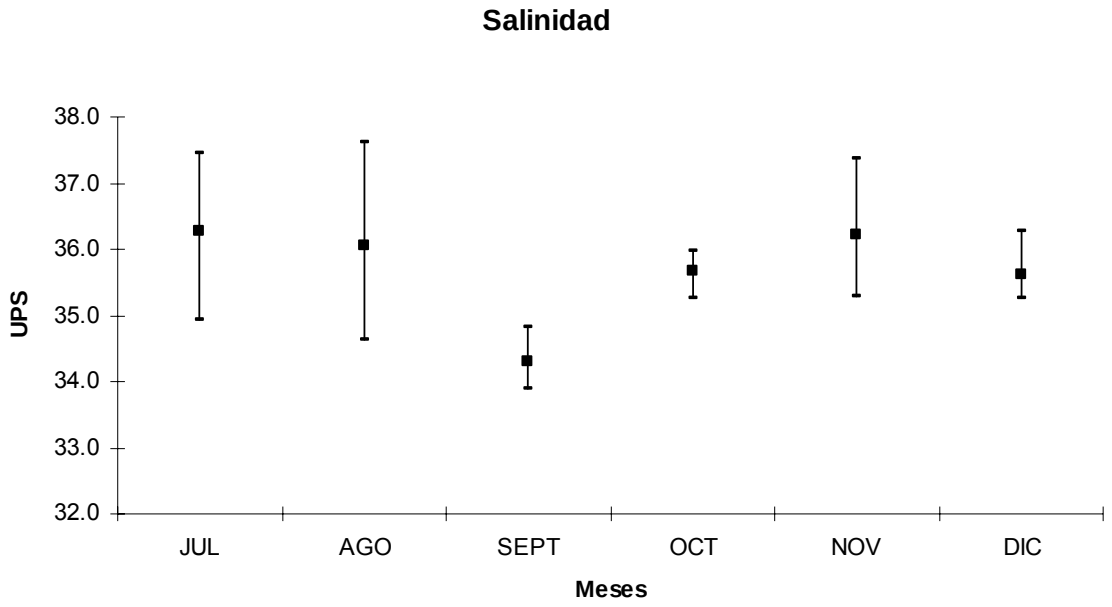


Figura 3. Salinidad promedio en la ensenada durante los meses de julio a diciembre de 2007. Las barras señalan los valores mínimos y máximos respecto al valor promedio

Nitritos

Los valores de la concentración promedio de este nutriente se mantuvieron muy homogéneos durante los meses de julio y agosto, obteniéndose un valor promedio mínimo en julio (0.023 µM) y un máximo en agosto (0.031 µM). Durante el mes de septiembre hubo un aumento en la concentración de este parámetro, se registró un rango entre 0.01 y 1 µM, con un valor promedio de 0.3 µM. El valor extremo máximo se presentó en una sola estación de muestreo (Est. 7). En los meses de octubre y noviembre bajo el valor promedio, aumentando nuevamente en el mes de diciembre; en este mes también se obtuvo un rango amplio de este parámetro, siendo en la estación 4 la que presentó este valor (1.16 µM) máximo extremo (Figura 4).

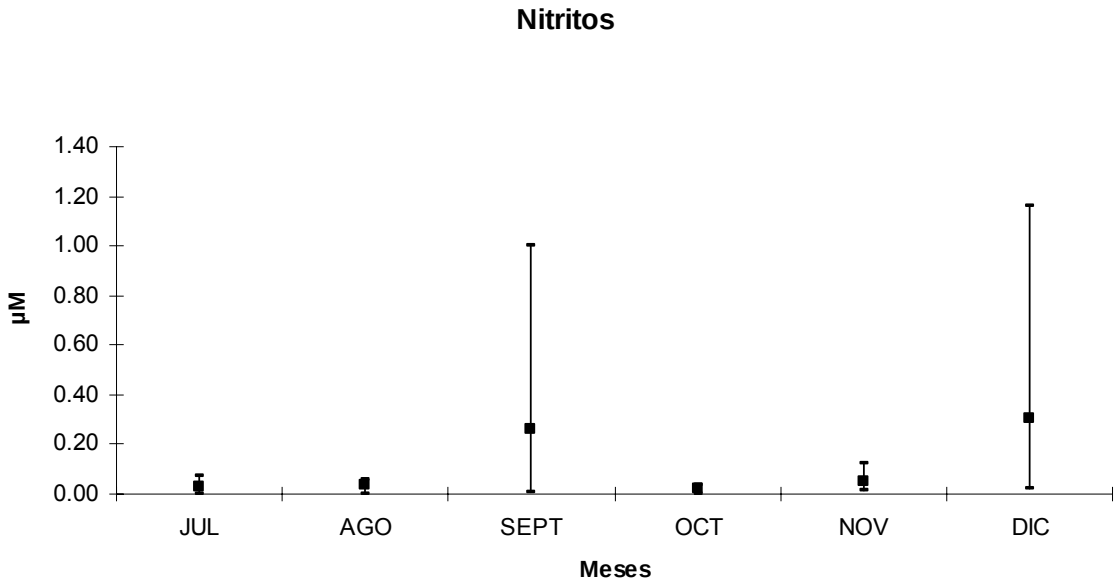


Figura 4. Concentración promedio de nitritos en la ensenada durante los meses de julio a diciembre de 2007. Las barras señalan los valores mínimos y máximos respecto al valor promedio

Nitratos

En julio, el valor promedio fue de 3.4 µM, en el mes de agosto, el valor promedio fue de 4.2 µM, y para el mes de septiembre fue de 3.1 µM. En el mes de octubre, el valor promedio fue de 1.47 µM, para el mes de noviembre se obtuvo un aumento (4.74 µM). En diciembre, se obtuvo un valor máximo en la estación 5; se obtuvo el valor promedio mas bajo (0.72 µM) para este periodo de muestreo (Figura 5).

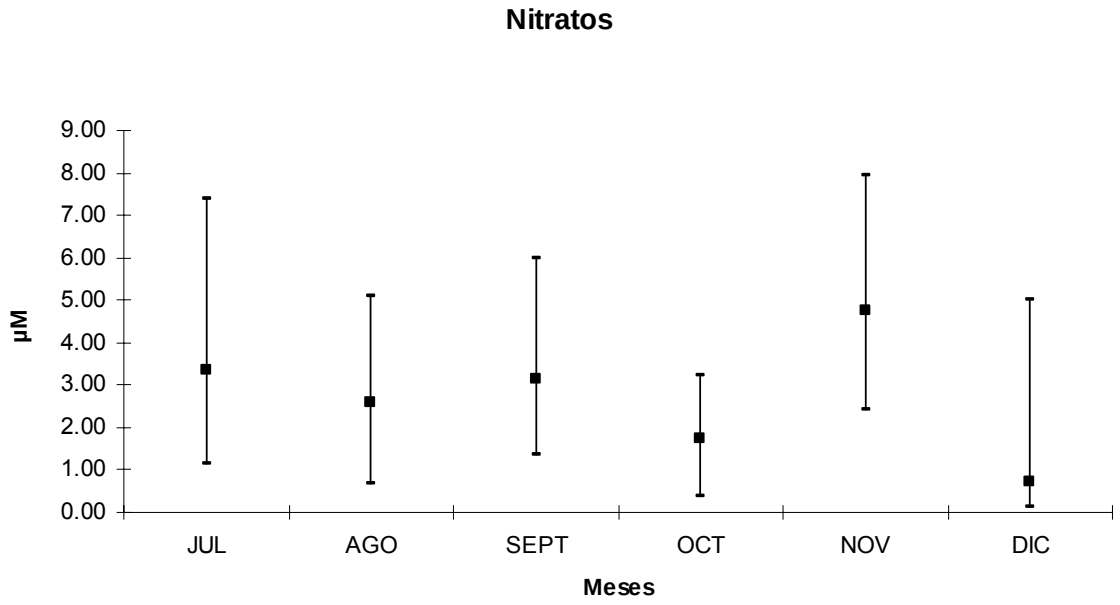


Figura 5. Concentración promedio de nitratos en la ensenada durante los meses de julio a diciembre de 2007. Las líneas verticales señalan los valores mínimos y máximos respecto al valor promedio

Amonio

En el mes de julio el intervalo de valores para este nutriente fue entre 5.78 y 14.21 µM, con una valor promedio de 8.51 µM. En el mes de agosto, el valor promedio bajó a 1.01 µM, el intervalo de valores comprendió desde no detectables hasta 2.40 µM. Para el mes de septiembre, la concentración promedio de este parámetro fue de 1.12 µM, el intervalo de valores fue entre 0.05 y 4.22 µM.

En el mes de octubre, el valor promedio fue de 1.59 µM con un intervalo de valores no detectables hasta 2.98 µM. En noviembre la concentración promedio fue de 0.70 µM con intervalo desde valores no detectables hasta 3.46 µM, finalmente, en diciembre el valor promedio fue de 6.10 µM, con un intervalo de 2.3 a 11.81 µM. Este último mes fue donde se registró la amplitud más amplia de variación para este periodo de muestreo (Figura 6).

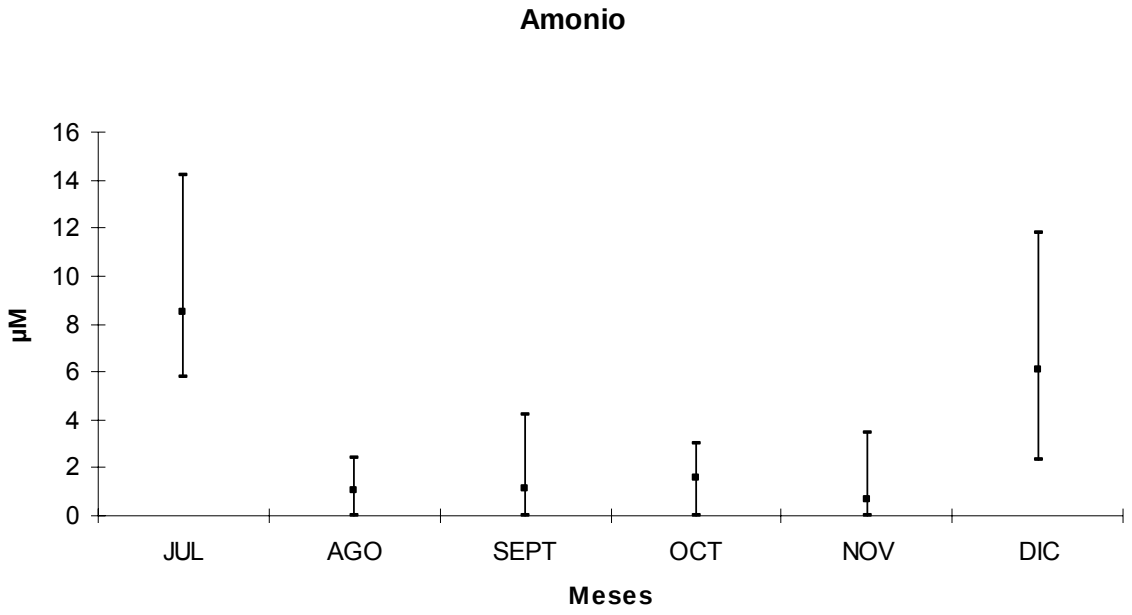


Figura 6. Concentración promedio de amonio en la ensenada durante los meses de julio a diciembre de 2007. Las líneas verticales señalan los valores mínimos y máximos respecto al valor promedio

Fosfatos

Durante este periodo de muestreo la concentración promedio no presentó mucha variación, sin embargo el intervalo de valores mínimos y máximos fueron amplios en los meses de agosto y septiembre. El intervalo más amplio obtenido para el mes de septiembre correspondió al efecto provocado por la acción del huracán Henriette y el valor máximo extremo correspondió a la estación 4. Para el mes de octubre la concentración promedio fue de 0.69 µM, en el mes de noviembre, la concentración promedio fue de 0.70 µM y para el mes de diciembre fue de 0.86 µM (Figura 7).

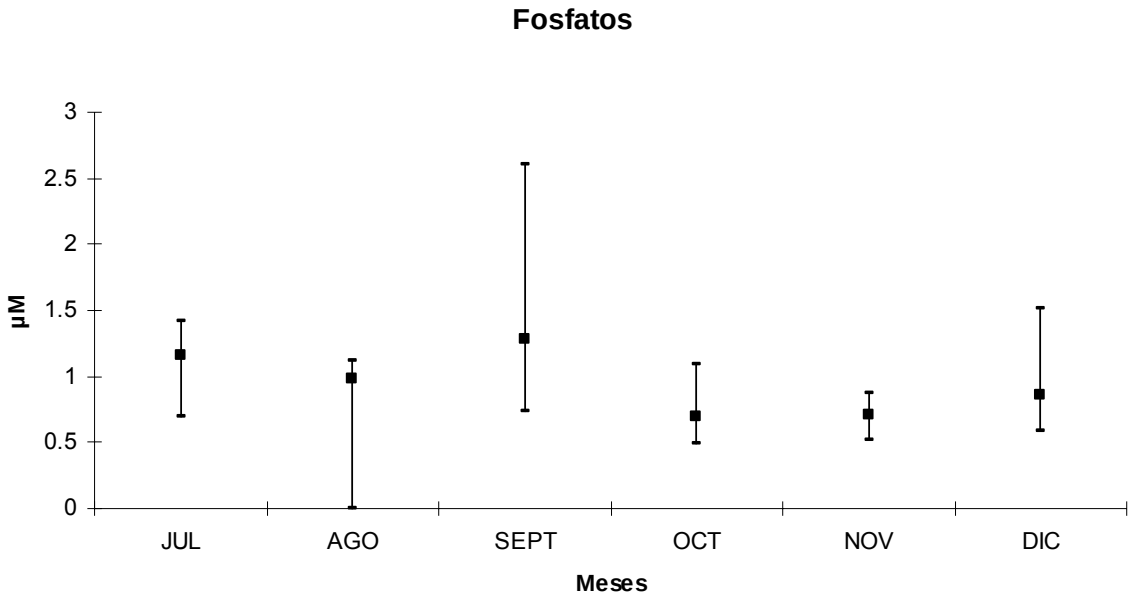


Figura 7. Concentración promedio de amonio en la ensenada durante los meses de julio a diciembre de 2007. Las líneas verticales señalan los valores mínimos y máximos respecto al valor promedio.

Oxígeno

La concentración oxígeno disuelto promedio de para el mes de julio fue de 3.8 mg / l (rango 3.5 – 4.6 mg / l). La concentración promedio durante el mes de agosto fue de 5.0 mg / l (rango 3.7 – 6.3 mg /l). En septiembre la concentración promedio de oxígeno fue de 4.7 mg / l (rango 3.8 – 6.8 mg / l). En octubre el promedio fue de 4.08 mg / l (rango 3.90 - 5.43 mg / l). En el mes de noviembre el valor medio fue de 3.98 mg / l (rango 3.47 – 4.30 mg / l) y en diciembre el valor medio fue de 4.55 mg / l (rango 4.06 – 5.15 mg –l). Figura 8.

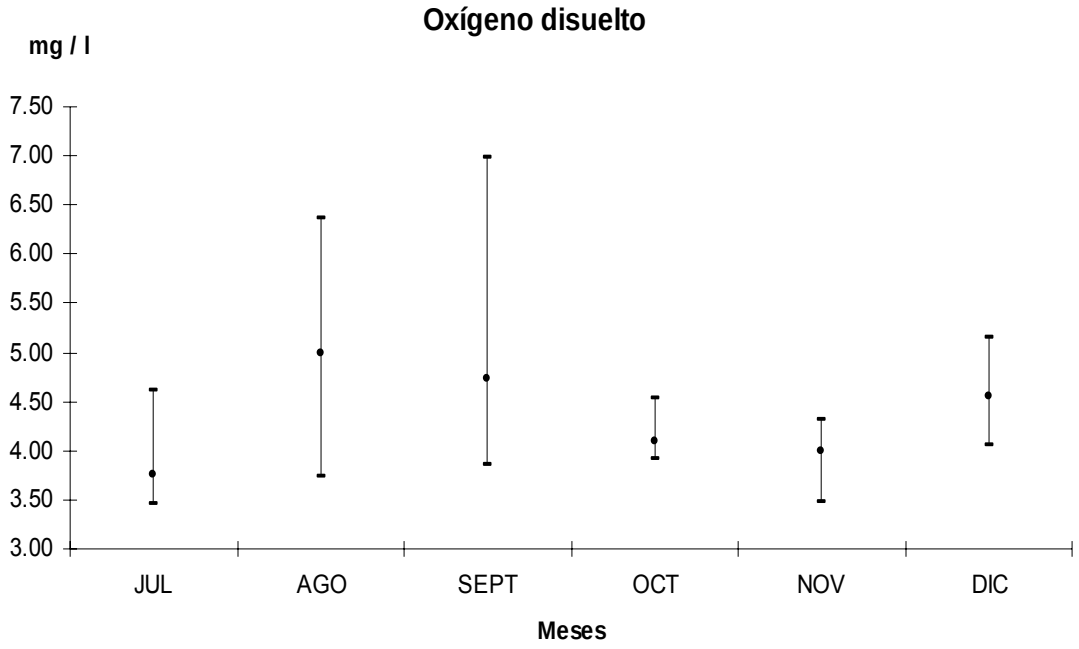


Figura 8. Concentración promedio de oxígeno disuelto en la ensenada durante los meses de julio a diciembre de 2007. Las barras señalan los valores mínimos y máximos respecto al valor promedio.

Clorofila *a*

En julio la concentración clorofila a promedio de la fue de 3.9 µg / l, (intervalo 0.35 – 12.03 µg / l), los valores más altos se registraron en las estaciones que se localizan en la parte mas interna de la ensenada (estaciones 1, 2 y 4). En agosto el intervalo de valores fue más estrecho (0.82- 2.49 µg / l) disminuyendo la concentración promedio, siendo de 1.5 µg / l. Para el mes de septiembre, la concentración promedio aumentó a 9.5 µg / l, el intervalo también aumentó (4.49 - 20.21 µg / l). En octubre el valor promedio fue de 2.98 µg / l (rango 1.36 – 6.89 µg / l). En noviembre la concentración promedio fue de 1.12 µg / l con un valor mínimo de 0.22 y un máximo de 4.76 µg / l. En diciembre la concentración promedio de este parámetro fue de 2.84 µg / l, con un valor mínimo de 1.34 y un máximo de 9.33 µg / l. Figura 9.

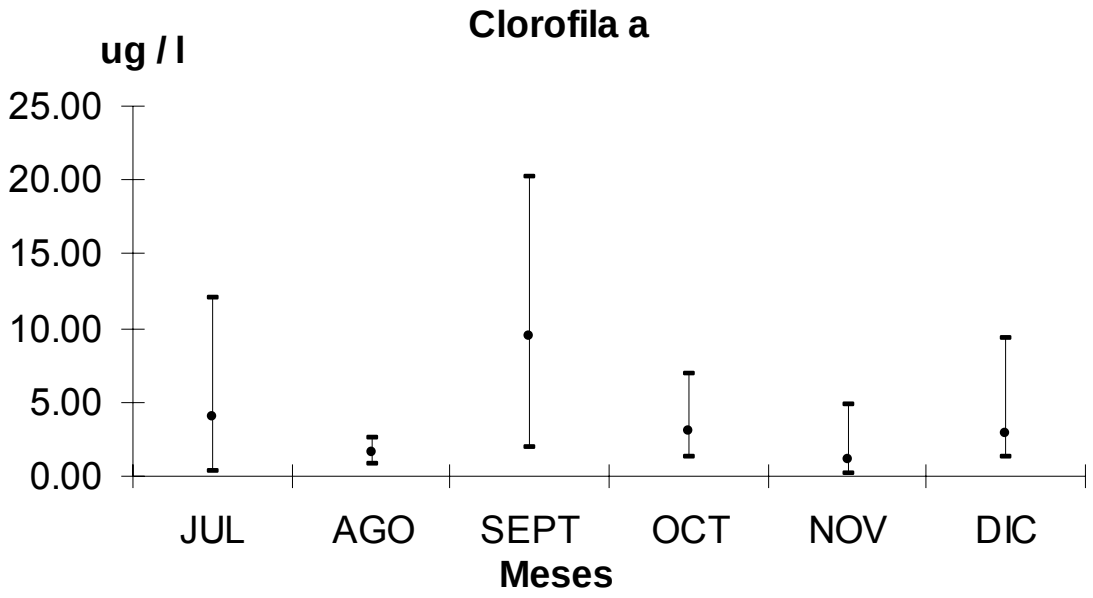


Figura 9. Concentración promedio de clorofila a en la ensenada durante los meses de julio a diciembre de 2007. Las barras señalan los valores mínimos y máximos respecto al valor promedio.

III.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La temperatura promedio registrada en las diferentes estaciones de la ensenada mostró aumento desde el mes de julio hasta el mes de octubre, posteriormente la temperatura promedio disminuyó en los meses de noviembre y de diciembre. Las estaciones más externas tuvieron las temperaturas más bajas, mientras que las estaciones interiores mostraron las temperaturas más altas.

La salinidad presentó poca variación a lo largo de este periodo de muestreo, sin embargo, se observó una reducción drástica de la salinidad promedio de la ensenada en el mes de septiembre debido al aporte del agua de lluvia por efecto del huracán Henrriette.

En cuanto a la visibilidad, de julio a agosto se observó un aumento de casi un metro en el promedio de esta variable. Para el mes de septiembre la visibilidad disminuyó en todas las estaciones de una manera drástica por efecto del huracán Henrriette, ya que la resuspensión de material y/o aporte de material terrígeno

redujo la penetración de la luz, reflejándose en una menor visibilidad Es notable el efecto de este fenómeno meteorológico en el comportamiento de esta variable, ya que en este mes se obtuvo el menor intervalo de variación para este periodo de muestreo.

La concentración promedio de nitritos no mostró mucha variación a lo largo del tiempo. Los valores promedios más altos se registraron en las estaciones 4 y 5 (0.32 y 0.31 µM respectivamente). Por otra lado, los nitratos en la ensenada estuvieron entre 2 y 5 µM. siendo el mes de noviembre donde se presentaron los valores más altos y correspondió a la estación 5 la que presentó el valor promedio más alto (4.94 µM).

Los fosfatos tampoco presentaron un amplio rango de variación, en el mes de septiembre se obtuvo el valor promedio más alto (1.28 µM) y la estación 4, fue la que presentó el valor promedio más alto a lo largo de este periodo de muestreo.

El amonio presentó los valores promedio más altos en los meses de julio y diciembre. El resto de los meses la variación fue pequeña, incluso en algunas estaciones no fue detectado. Por ser un dato excepcionalmente alto en los meses de julio y diciembre, la posible remoción de sedimentos del fondo está asociada a procesos de enriquecimiento de amonio hacia la columna de agua. Esto no se observó en los demás meses

En general, los valores de nutrientes no fueron altos durante el periodo de muestreo. Están dentro de los rangos que no se consideran como sistemas mesotróficos o eutróficos. Con los datos que se tienen hasta ahora, la concentración de nutrientes permite establecer a la ensenada como un sistema no perturbado y que por su misma dinámica, los ciclos de marea permiten que el material pueda ser dispersado y transportado hacia la bahía de La Paz.

Los valores elevados de oxígeno del mes de septiembre también estuvieron asociados al efecto del huracán, ya que provocó resuspensión de material orgánico lo que ocasionó interferencia positiva en el gasto del reactivo titulante, arrojando valores altos de este parámetro. Este material suspendido, aportó material pigmentario, lo que produjo valores altos de clorofila *a*.

En resumen, los datos obtenidos hasta ahora, no indican que la Ensenada de La Paz esté pasando por un proceso de daño o alteración en cuanto a la calidad del agua. Se sugiere poner atención en ciertas estaciones que se encuentran localizadas en el área interior de la ensenada en su porción sur. De igual manera evitar en lo posible la remoción de material que se encuentra en el fondo, que reduzca la visibilidad y disponibilidad de la luz para el proceso fotosintético.

III. 5 Bibliografía

Cervantes-Duarte, R. 1981. Distribución de nutrientes en la Ensenada de La Paz, B.C.S., durante el período de primavera-verano de 1981. Tesis Professional. Universidad Autónoma de Baja California. 119 pp.

Cervantes Duarte, R;Godínez, R. 1988. Variación espacio-temporal de nutrientes de la Ensenada de La Paz, B.C.S., México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México, 15(12): 129-141.

Jimenez Illescas, A.R., M. Obeso Nieblas, M.A. Alatorre Mendieta, S. Troyo Dieguez & H. Garcia Escobar. 1994. Hidrología de la Bahía de La Paz. Oceanología. 1(2):115-131.

Obeso Nieblas, M., A.R. Jimenez Illescas & S. Troyo Dieguez. 1993. Modelación hidrodinámica de la marea en la Ensenada de La Paz, B.C.S. Inv. Mar. CICIMAR. 8(1): 1-11.

Obeso Nieblas, M., A.R. Jimenez Illescas & S. Troyo Dieguez. 1993. Modelación de la marea en la Bahía de La Paz, B.C.S. Inv. Mar. CICIMAR. 8(1): 13-22.

Lechuga-Devéze, C.H., J. Bustillos-Guzmán, Ma.-T Barreiro-Guémez and D. López-Cortés. 1990. Oscilaciones semi-diurnas, diarias y estacionales de variables físicas en la Ensenada de La Paz, B.C.S. Inv. Mar. CICIMAR 5 : 1-9248-255.

Lechuga-Devéze, C.H., J. García-Pámanes and J. Bustillos-Guzmán. 1986. Ecological conditions of a coastal lagoon on the Gulf of California west coast. Turbidity and chlorophyll *a*. *Ciencias Mar*inas, **12**: 19-31.

Parsons, T.R., Maita, Y. and Lalli, C. M. 1984. A manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press, U.S.A.

PROGRAMA DE MONITOREO DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL

IV NECTON

IV.1 INTRODUCCION

Durante el periodo de tiempo correspondiente a este informe (octubre-diciembre de 2007), se llevo a cabo el monitoreo de la población residente de delfines *Tursiops truncatus* en la Ensenada de Aripez y la Bahía de La Paz, así como el monitoreo para detectar la presencia del tiburón ballena *Rhincodon typus* en las inmediaciones del proyecto Marina Paraíso del Mar.

La existencia de la población de delfines residente en la Ensenada de Aripes y la Bahía de La Paz, ha sido bien documentada (Acevedo, 1989; Marcín-Medina, 1997; Díaz-Gamboa, 2001). El tamaño de grupo que predomina es el de 15 individuos, además se ha descrito que la actividad predominante diaria, mensual y estacional en este cuerpo de agua, fue el desplazamiento. Existen otras actividades en menor frecuencia, como la socialización, la alimentación y el descanso (Marcín-Medina, 1997). Aunque Acevedo (1991) reportó que en la entrada de la Ensenada de la Paz, existe una relación entre las poblaciones de delfines *T. truncatus* y la disponibilidad de las presas.

El monitoreo de *Tursiops truncatus*, nos permitirá evaluar el efecto de la perdida de hábitat, ya que esta fue la causa por la que esta especie se ha extinguido localmente en dos regiones del mundo (Dulvy et al. 2003). Además, se sabe que poblaciones pequeñas son las mas vulnerables a cambios provocados en el ambiente por actividades antropocéntricas (Thompson et al. 2000), como las asociadas a la operación de marinas.

Los tiburones ballena son organismos raros y elusivos. Sin embargo en algunos lugares es factible lograr avistamientos de ellos. A nivel mundial, son cuatro los lugares más importantes: Baja California Sur (Bahía de La Paz, Bahía de Los Angeles y Punta Gorda); el arrecife de Ningaloo al Oeste de Australia, las islas de la Bahía de Honduras y la Barrera arrecifal de Belice (Taylor, 1996; Herman *et al*.,

2001; Ramírez-Macías *et al*., 2007). La mayor frecuencia de aparición de los individuos de esta especie, en los diversos lugares durante cierta época del año, coincide cuando se incrementa la productividad del área de avistamiento, lo cual nos habla de una relación alimentaria (Heyman *et al.*, 2001; Duffy, 2002).

El tiburón ballena se alimenta de zooplancton y algunas otras presas como sardinas, anchovetas, macarelas, pequeños atunes y calamares. A pesar de tener casi 3,000 diminutos dientes (cada uno de 6 mm de longitud), estos no se utilizan mientras se alimenta, sino que tamiza presas tan pequeñas como de 1 mm a través de una fina malla de las branquiespinas.

Estos animales son capaces de abrir su boca hasta 1 m de ancho para proveerse del alimento y son ocasionalmente vistos en posición vertical en el agua para permitir que los peces y otros alimentos sean succionados (Colman, 1997; Taylor, 2007).

La importancia del estudio del tiburón ballena, radica en el hecho de que de acuerdo a la IUCN está ubicada como una especie vulnerable (CITES, 2002), de igual forma en México, de acuerdo con la NOM-059-ECOL-2001, está considerada como una especie amenazada (DOF, 2002). Esta situación en parte se da por su larga longevidad, a que alcanzan la madurez sexual a los 30 años de edad y por la falta de datos sobre su biología, donde el conocimiento de su hábitat, el cómo se reproducen y como se desarrollan, son los principales vacíos (Colman, 1997).

El tiburón ballena, se considera un buen indicador en programas de monitoreo ambiental, ya que está ampliamente representado en todos los ecosistemas acuáticos de su distribución geográfica, a excepción de aguas altamente contaminadas; es una especie relativamente fácil de identificar y al ser una especie longeva, es común que su presencia aporta un registro a largo término del estrés ambiental (Whitfield y Elliott, 2002).

Por otro lado, de acuerdo al hábito del tiburón ballena de nadar cerca de la superficie, al incrementar el tráfico de embarcaciones como consecuencia de la operación de la marina Paraíso del Mar, se deben considerar en general dos tipos de impactos. El primero es de forma directa y se origina por el daño que pueden

causar las propelas de las embarcaciones. El segundo, se debe a la modificación de los hábitos del tiburón ballena, que son provocados por el acoso de las embarcaciones dedicadas al ecoturismo.

El Ecoturismo es una actividad que ha sido regulado de manera exitosa en algunos lugares del mundo, como en la Bahía de Ningaloo en Australia (Colman, 1997), Filipinas y Belice (Quiros, 2005; Quiros, 2007) e incluso en algunas zonas de México, como en la Bahía de Los Angeles (Cárdenas-Torres *et al*., 2007). Para este fin, se requiere establecer códigos de conducta para la observación de estos tiburones, ya que existe evidencia de la presión que ejercen los prestadores de servicio que se dedican a esta actividad.

IV.II Material y métodos

Población residente de delfines *Tursiops truncatus*

Se hicieron censos visuales los días 21 y 22 de noviembre a lo largo de dos transectos: Margen Norte del Mogote, desde Punta Prieta hasta el arroyo El Quelele; Boca de la Ensenada hasta el remanso de la cabecera Norte del Canal (Marcín-Medina, 1997; Díaz-Gamboa, 2001) (Fig.1). Una vez que se localizaron delfines, se tomaron los siguientes datos: Coordenadas geográficas con GPS; Tamaño del grupo; composición del grupo. También se tomaron fotos para utilizar el método de la fotoidentificación.

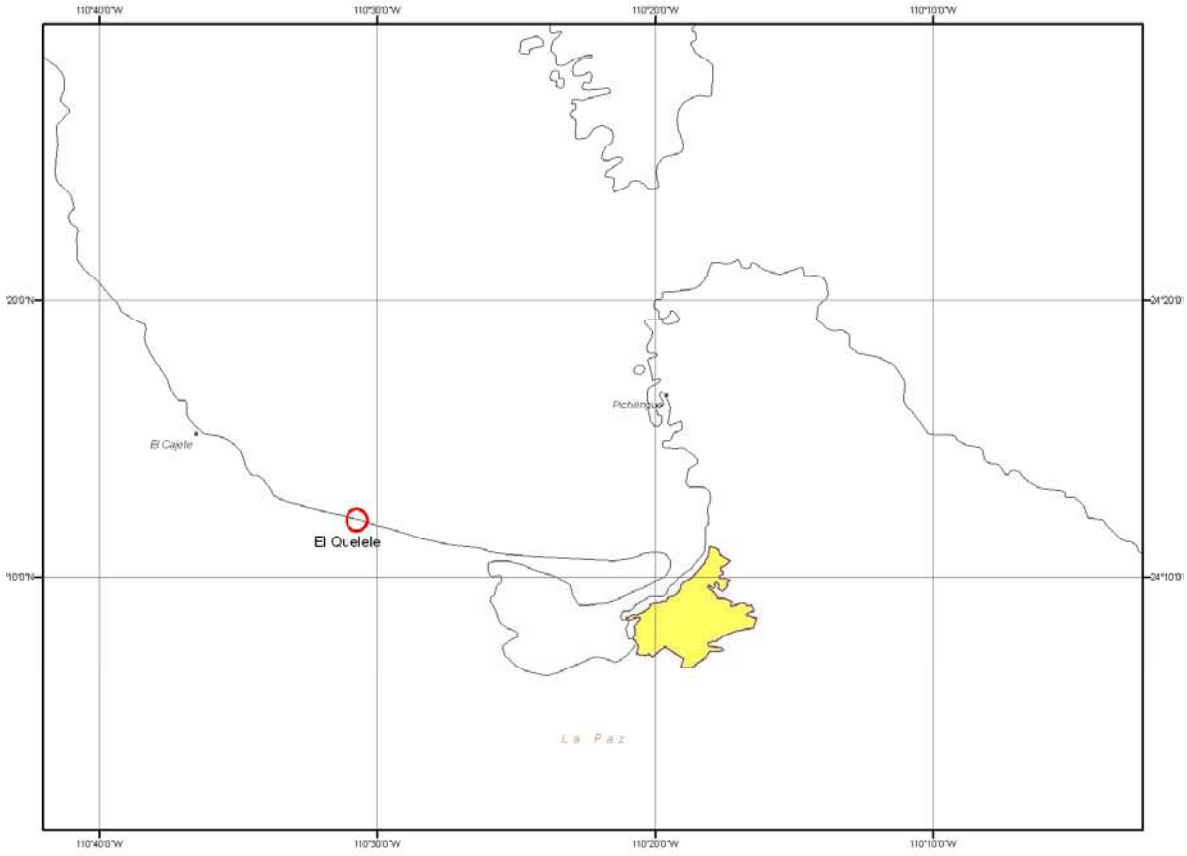


Figura1. Localización del área para el estudio para de delfines y tiburón ballena

Tiburón ballena *Rhincodon typus*

El monitoreo para detectar la presencia del tiburón ballena en la Bahía de La Paz, se llevo a cabo durante cuatro campañas de muestreo, realizadas dos en octubre (25 y 26); una en noviembre (29) y una en diciembre (4).

Durante las campañas, el recorrido se realizó de las inmediaciones del arroyo El Quelele hasta Punta Prieta, zona citada como la de mayor avistamientos en la Bahía de La Paz (Ketchum-Mejía, 2003). El área de monitoreo fue barrida en forma de zigzag, una vez que se detecto la presencia del tiburón ballena, se procedió a tomar los datos de las coordenadas geográficas donde se dio el encuentro, la profundidad a la que se encontraba, la talla aproximada y la actividad que desempeñaba. A los especímenes encontrados se les revisará si no tienen

alguna marca sobre el cuerpo o las aletas, que haga posible su posterior identificación y en caso de que sea posible se tomará un registro fotográfico de los especímenes.

También se tomó en cuenta los avistamientos que se registraron durante un muestreo de delfines, realizado el 21 de noviembre del mismo año.

IV.III Resultados

En el caso de los delfines *Tursiops truncatus*, durante los dos días que se recorrieron los transectos, se encontró un grupo de dos delfines, los cuales se ubican geográficamente en la Figura 1. Los datos del avistamiento se observan en la Tabla IV.1. Las fotografías que se tomaron (Figuras IV.2 y IV.3) no fue posible utilizarlas para el método de la fotoidentificación, ya que el comportamiento evasivo de los organismos impidió buenas tomas de la aleta dorsal.

Tabla IV.1. Datos recolectados durante el avistamiento de delfines *Tursiops truncatus* realizado el 22 de noviembre del 2007, en las inmediaciones del Proyecto Marina Paraíso del Mar.

Fecha	Hora	Coordenadas geográficas (UTM)		Asociación	Composición del grupo
		Longitud	Latitud		
22/11/07	11:07	567886	2674353	No hubo	2 individuos

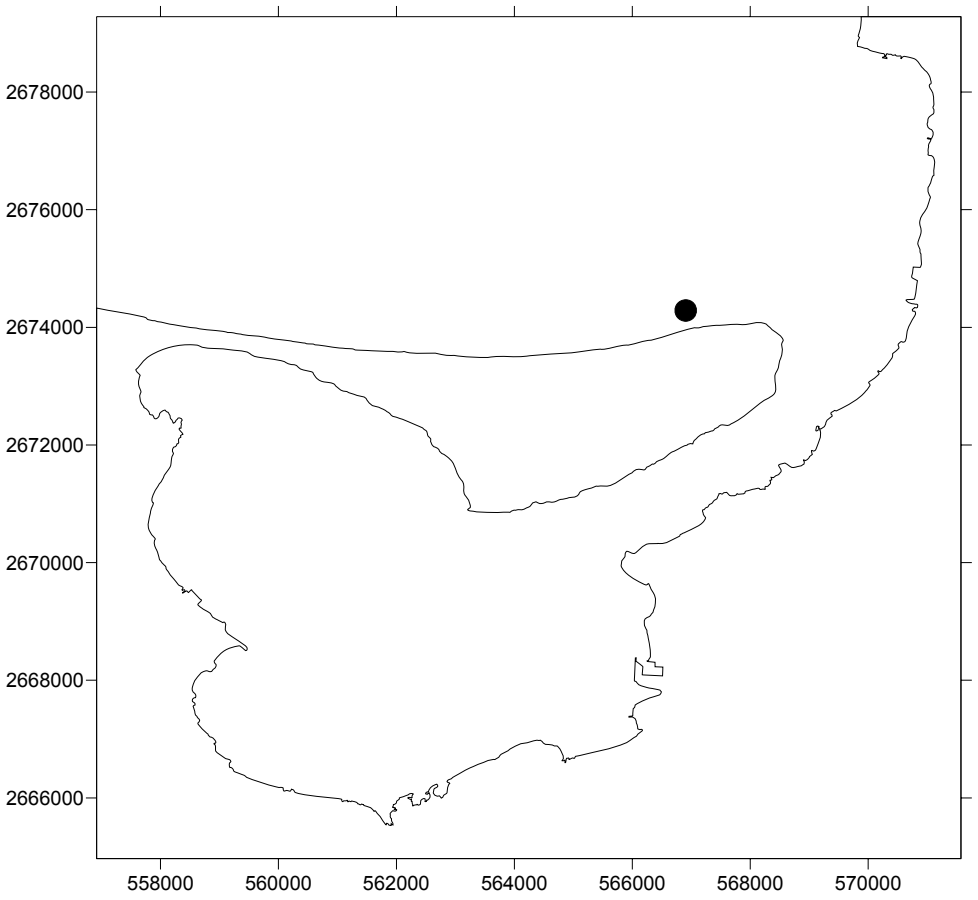


Figura IV.1. Localización geográfica del avistamiento de individuos de la población residente de delfines *Tursiops truncatus*, durante el monitoreo de noviembre de 2007, realizado en las inmediaciones del proyecto Paraíso del Mar.



Figura IV.2. Imágenes tomadas durante el avistamiento de Delfines *Tursiops truncatus*, realizado en noviembre de 2007, frente al proyecto Paraíso del Mar.

Avistamientos Tiburón Ballena

Con respecto al tiburón ballena *Rhincodon typus*, se tuvieron 2 avistamientos en el mes de octubre, 9 en el mes de noviembre y 3 en el mes de diciembre. La longitud estimada de 13 tiburones estuvo entre los 3 a los 9 m, de estos 9 tiburones tuvieron una talla aproximada menor a los 6 m, lo cual nos permite reconocerlos como juveniles (Tabla 2).

Tabla IV.2. Características de los individuos de tiburón ballena *Rhincodon typus*, avistados durante el periodo de octubre a diciembre del 2007, en las inmediaciones del proyecto Paraíso del Mar.

Fecha	Hora	Profundidad (m)	Longitud aproximada (m)	Observaciones
25/10/07	12:30	4.5	1) 4.0	Trae dos curricanes en la parte dorsal
26/10/07	11:40	6.5	2) 4.0	El mismo del día anterior
21/11/07	12:30	9.0	3) 6.0 4) 4.0 5) 4.0 6) 3.0	Asociados a enjambres de zooplancton
	14:30	9.0	7) 8.0 8) 6.0	Asociados a cardúmenes
22/11/07	13:19	10	9) 9.0 10) 4.0	El más grande, succionando casi en posición vertical
	14:22	10	11) 4.5	Navegando
4/12/07	11:04	4.8	12) 4.0	Aparentemente comiendo
	12:21	3.5	13) 4.0	Con rémora albina en el pedúnculo dorsal
	12:27	3.5	14) 6.0	Se encontró navegando a una velocidad de 2.5 a 3 nudos

En la Figura IV.3, se observa la localización geográfica de los avistamientos realizados en este periodo, en donde se destaca que la mayor frecuencia de avistamientos se registró cerca hacia a la parte mas angosta del Mogote.

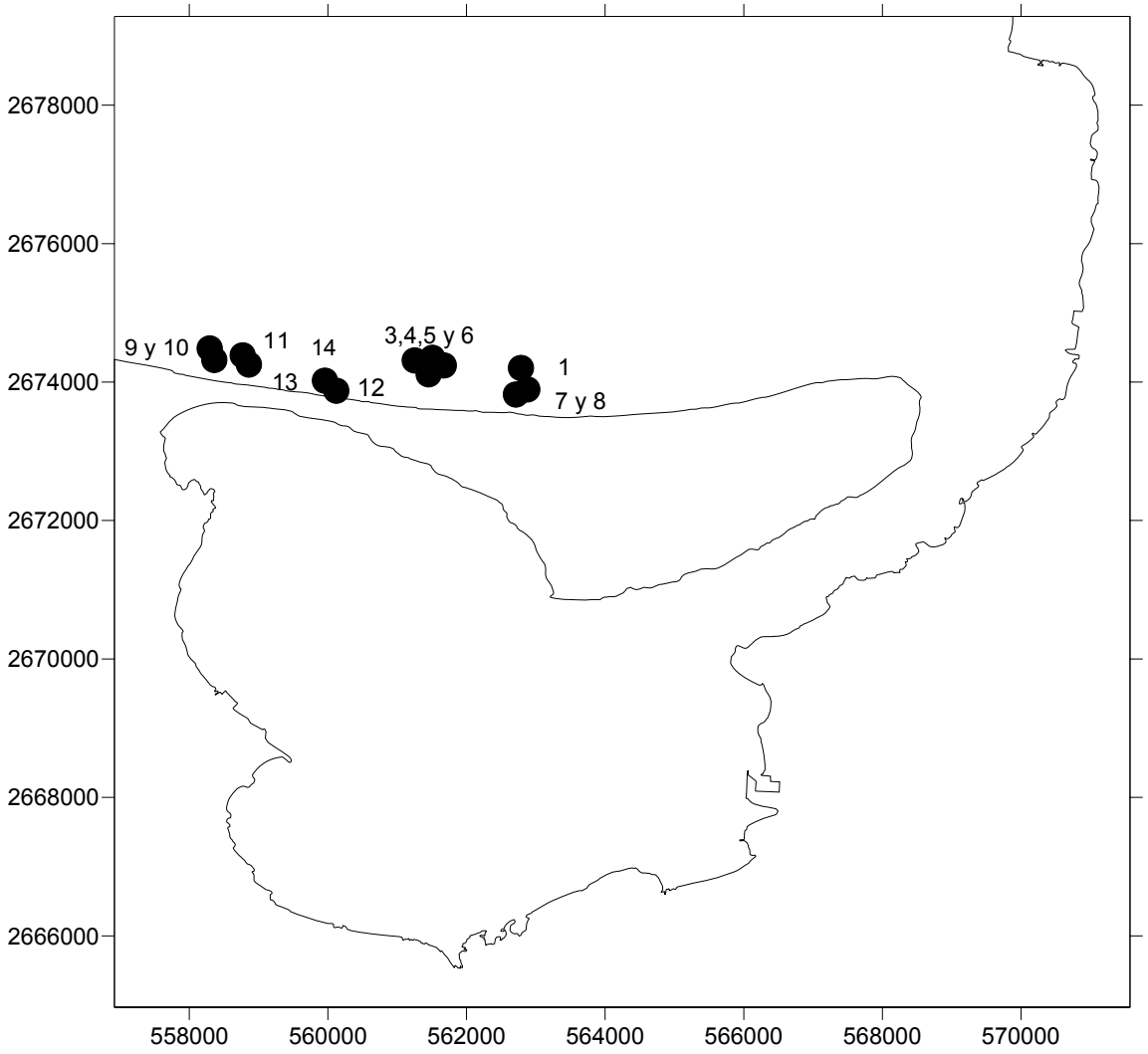


Figura IV.3. Localización geográfica de los avistamientos del tiburón ballena, registrados en el periodo octubre-diciembre de 2007 en las inmediaciones del proyecto Paraíso del Mar. Monitoreo octubre, 1; Monitoreo Noviembre 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10 y 11; Monitoreo Diciembre 12, 13 y 14.

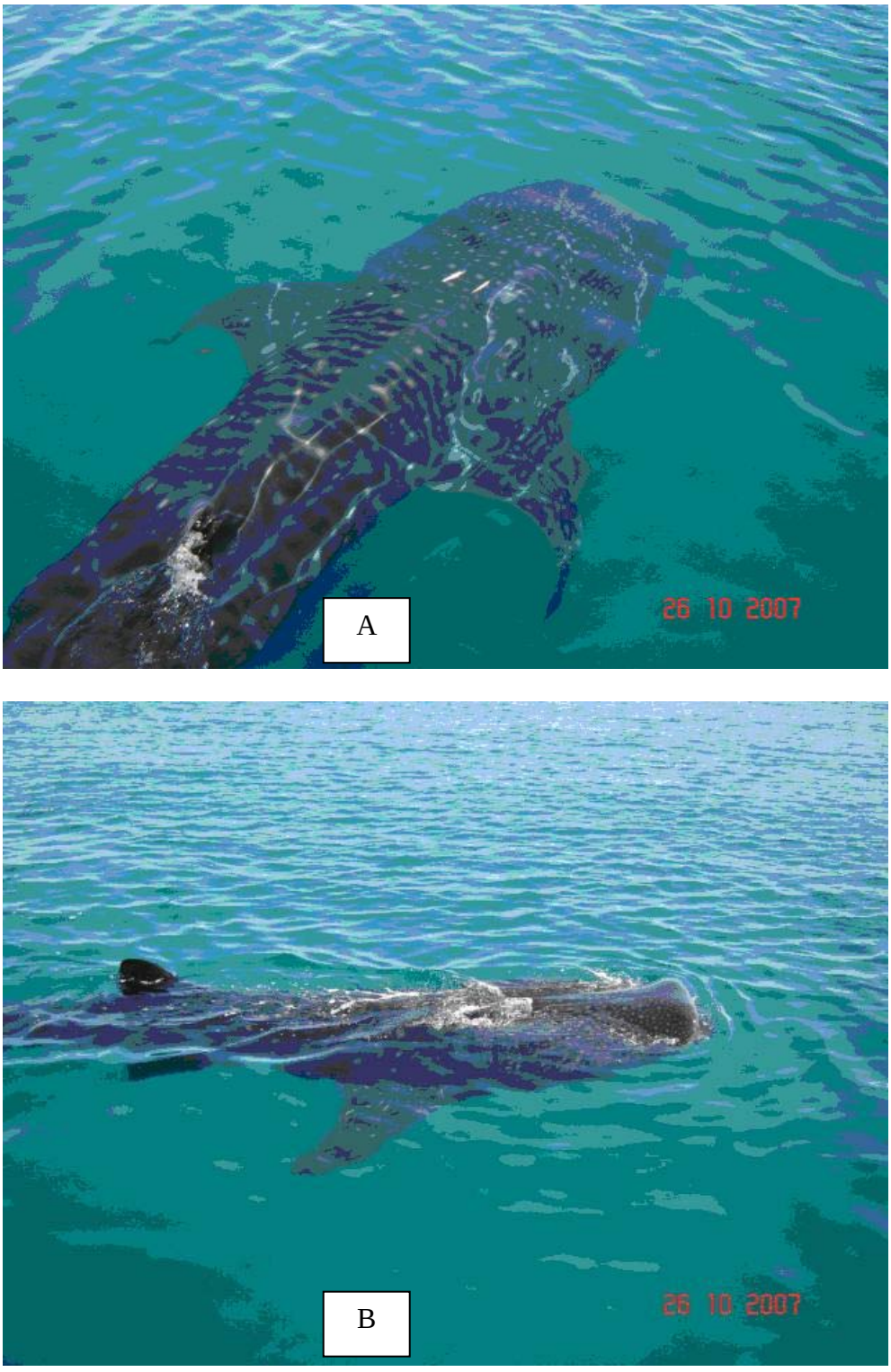


Fig. IV.4. A. Juvenil de tiburón ballena *Rhincodon typus*, en el que se observan las curricanes en la región dorsal, avistado el 26 de octubre del 2007. B. Mismo ejemplar realizando alimentación tipo ram (horizontal).



Fig. IV.5. Asedio de ecoturistas a bordo de la embarcación Cantamar, a un juvenil de tiburón ballena *Rhincodon typus* avistado el 26 de octubre del 2007.

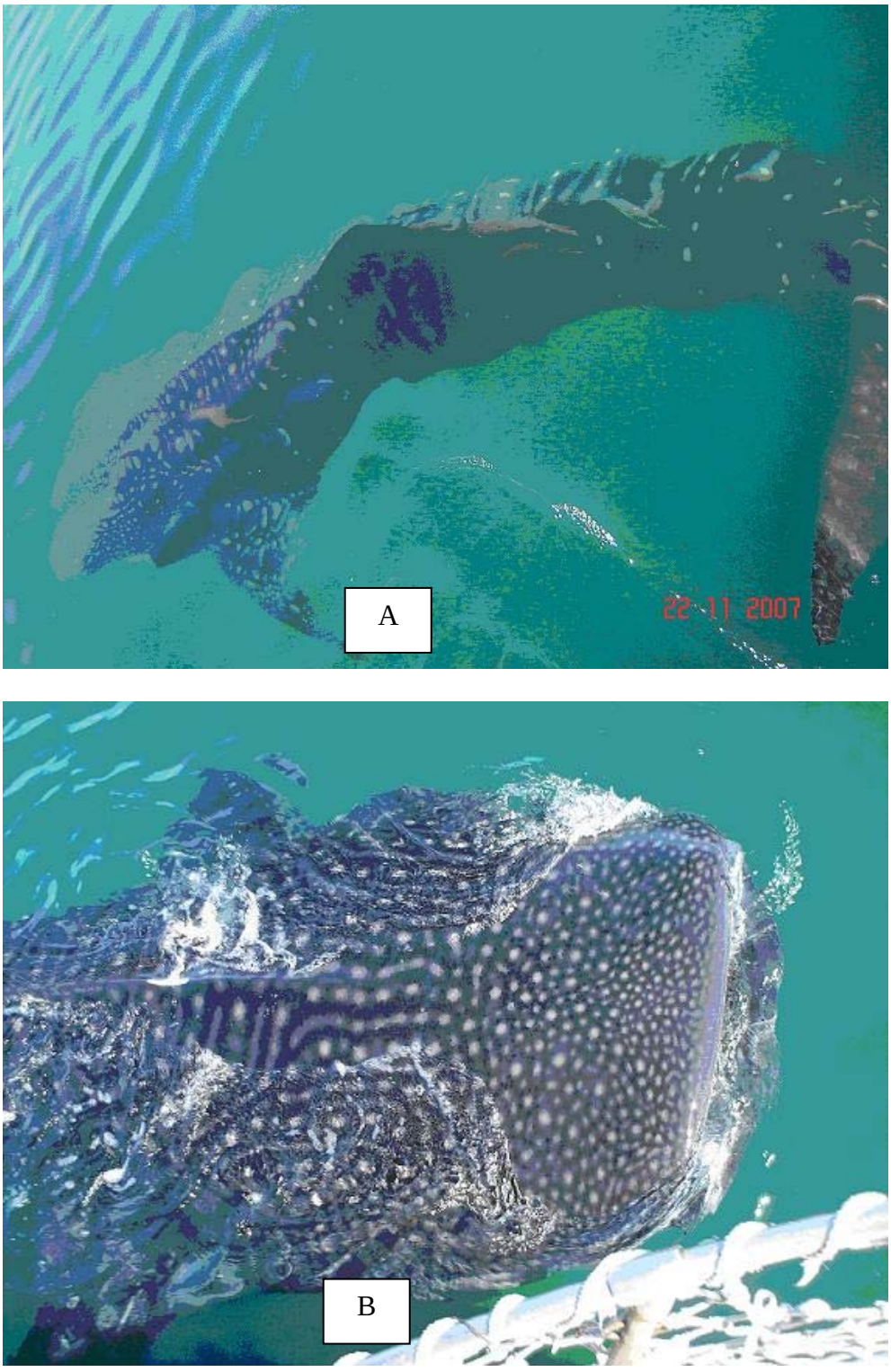


Fig. IV.6. A. Juvenil de tiburón ballena *Rhincodon typus*, avistado el 22 de noviembre del 2007. B. Hembra adulta de tiburón ballena observada casi en posición vertical alimentándose por succión del plancton, en la misma fecha.

Las actividades que desarrollaron estos individuos en La Bahía de La Paz, fueron muy diversas. En el mes de octubre, las observaciones hechas correspondieron al mismo ejemplar, esto se reconoció por las dos curricanes clavados en la región dorsal, en una ocasión se le encontró navegando y al siguiente día se observó realizando alimentación horizontal (tipo ram) (Fig. IV.4). Además en esta época se inicia la actividad de los prestadores de servicio que se dedican al avistamiento de esta especie y de acuerdo a lo que se observa en la Fig. IV.5, realizan un asedio sobre los individuos de esta especie.

En el mes de noviembre fue cuando se tuvo la mayor actividad, la mayoría de las veces se les encontró asociados a cardúmenes de peces e inclusive se encontró un individuo casi en posición vertical alimentándose del plancton, por succión (Fig. IV.6).

IV.4 DISCUSIÓN

En el caso del monitoreo de delfines *Tursiops truncatus*, durante los dos días de las campañas, detectamos solo a un par de individuos, lo cual nos indica poca actividad. Por otro lado, de debe considerar mejorar el método para la fotoidentificación para asegurar la elaboración de un catálogo individual, con el fin de poder caracterizar la población residente.

Con respecto a la temporada del tiburón ballena *Rhincodon typus*, el haber registrado 14 avistamientos, nos habla de un año con una gran presencia, durante el cual observamos a los individuos desplegando un diverso número de actividades, desde los dos tipos de alimentación (tipo ram y por succión) hasta simplemente navegando. La gran presencia de juveniles en esta temporada, corrobora lo descrito por Ramírez-Macías *et al*. (2007) que menciona tanto a la Bahía de La Paz como a la Bahía de Los Angeles como zonas de alimentación de juveniles. Con respecto a las medidas de manejo que se tendrán que establecer para conservar la presencia de esta especie en las inmediaciones del proyecto Marina Paraíso del Mar, además de tener cuidado con el tráfico de

embarcaciones, también se tendrá que establecer un código de conducta para realizar el avistamiento por parte de los ecoturistas, ya que la presión que ejerce este tipo de prestadores de servicio puede ser equivalente a la que se ejercerá por el aumento del tráfico de embarcaciones que habrá una vez que se inicie la operación de la marina.

IV.5 BIBLIOGRAFÍA

Cárdenas-Torres, N., R. Enríquez-Andrade, N. Rodríguez-Dowdell. 2007. Community-based management through ecotourism in Bahia de los Angeles, México. Fisheries Research 84: 114-118.

CITES, 2002. Proposal to include the whale shark (*Rhincodon typus*). In: Appendix II, the Convention on International Trade in Endangered Species (CITES). The Philippines, India to the 12th Conference of Parties to CITES, Chile, November 2002, http://www.cites.org.

DOF, 2002. Diario Oficial de la Federación, 6 de marzo de 2002. T (582:4).México, D.F., pp. 1-80.

Duffy, C.A.J. 2002. Distribution, seasonality, lengths, and feeding behaviour of whale sharks (*Rhincodon typus*) observed in New Zealand waters. New Zeland Journal of Marine and Freshwater Research 36: 565-570.

Eckert, S. A.; Stewart, B. S. 2001: Telemetry and satellite tracking of whale sharks, *Rhincodon typus*, in the Sea of Cortez, Mexico, and the north Pacific Ocean. Environmental Biology of Fishes 60: 299–308.

Heyman, W., R. Graham, B. Kjerfve y R.E. Johannes. 2001. Whale sharks *Rhincodon typus* aggregate to feed on fish spawn in Belize. Mar. Ecol. Prog. Ser. 215: 275–282.

Ketchum-Mejía, J.T. 2003. Distribución espacio-temporal y ecología alimentaria del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en la Bahía de La Paz y zonas adyacentes en el suroeste del golfo de California. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN. 91 pp.

Quiros, A.L. 2005. Whale Shark “Ecotourism” in the Philippines and Belice. Evaluating Conservation and Community Benefits 24: 42-48.

Quiros, A.L. 2007. Tourism compliance to a Code of conduct and the resulting effects on whale shark (*Rhincodon typus*) behaviour in Donsol, Philippines. Fish. Res. 84: 102-108.

Ramírez-Macías, D., R. Vázquez-Juárez, F. Galván-Magaña y A. Munguía-Vega. 2007. Variations of the mitochondrial control region sequence in whale sharks (*Rhincodon typus*) from the Gulf of California, Mexico. Fisheries Research 84: 87-95.

Taylor, J. G. 1996: Seasonality of occurrence, distribution and movements of the whale shark, *Rhincodon typus*, at Ningaloo Reef, Western Australia. Marine and Freshwater Research 47: 637–642.

Taylor, J.G. 2007. Ram filter-feeding and nocturnal feeding of whale sharks (Rhincodon typus) at Ningaloo Reef, Western Australia. Fish. Res. 84: 65-70.

Whitfield, A.K. y M. Elliott. 2002. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. Journal of Fish Biology 61(Supp. A): 229-250.

V. EL MANGLAR

V.1 INTRODUCCIÓN

Los manglares juegan un importante papel en las economías costeras tropicales, ya que aportan humanas bienes y servicios a las poblaciones. Estos incluyen la protección y estabilización de la costa, lugar de crianza para una variedad de moluscos, crustáceos y peces económicamente importantes, además de ser fuente de productos importantes. Las áreas con manglar que se encuentran en El Mogote y que cubren un área cercana al desarrollo del proyecto Paraíso del Mar, son 7 bosques de manglar con aproximadamente 20 ha cada uno. De estos, se seleccionaron tres manglares que se localizan en el mapa (Fig. V.1).

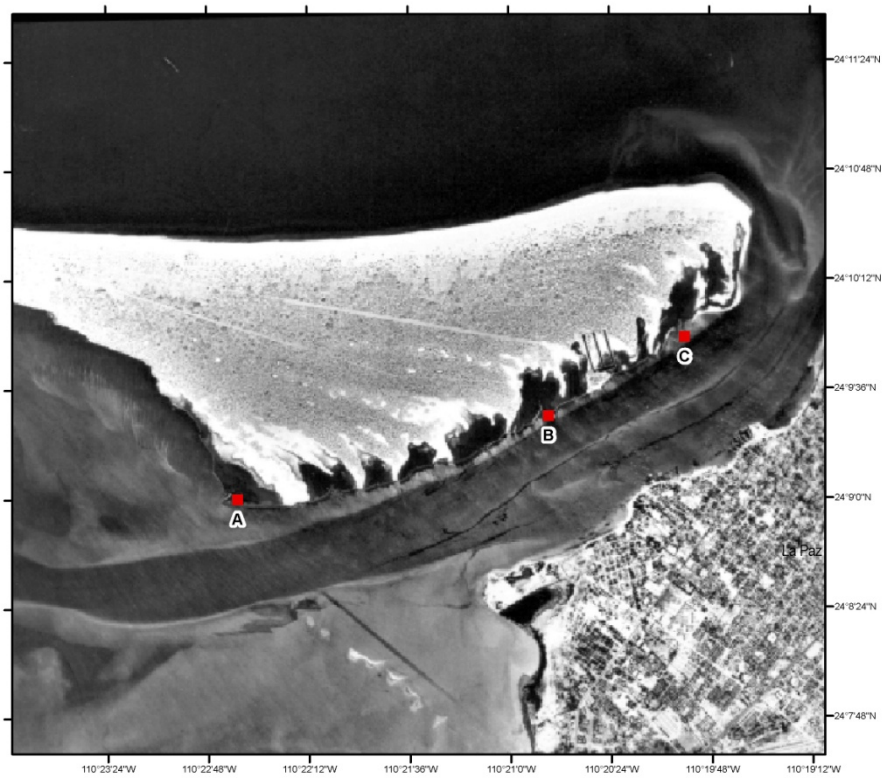


Figura V.1. Mapa de localización de los esteros A, B y C, de izquierda a derecha.

El primero objetivo a estudiar fue la fauna asociada al manglar. Ésta representa una producción secundaria importante donde los moluscos bivalvos (ostión y pata de mula) y los cangrejos en la zona interna del manglar fueron las especies

seleccionadas. Las variables a estimar son la densidad y crecimiento de los bivalvos (*Crassostrea palmula* y *Anadara tuberculosa*) y cangrejos *Aratus pisonnii* y *Goniopsis pulchra*.

V.2 METODOLOGÍA PARA LA FAUNA DEL MANGLAR

Determinación de la distribución y abundancia de Invertebrados

Las recolecta de muestras de fauna se realizó durante los días 23 de octubre, 21 de noviembre y 11 de diciembre de 2007.

El método utilizado consiste en estimar la cantidad de almejas de la infauna (*Anadara tuberculosa*) capturadas manualmente durante un periodo de tiempo de aproximadamente 45 min por transecto. El muestreo se efectúa sobre un transecto de 40 m de longitud dentro del manglar, buscando entre el fango e identificando pequeñas oquedades y debajo de la hojarasca (English *et al*., 1997). El tamaño de muestra mínima es de aproximadamente 30 almejas para análisis morfométrico de tallas y pesos.

El muestreo para ostión de mangle de la epifauna (*Crassostrea palmula*), se realiza sobre un transecto de 10 m de longitud siguiendo la línea de costa con mangle rojo y para tal fin, se extraen 4 raíces con agregaciones de ostiones. Se separan los ostiones y la fauna asociada, para el análisis cuantitativo y cualitativo específico, el tamaño de muestra es de aproximadamente 70 ostiones para análisis morfométrico de tallas y pesos.

Para cada ejemplar se midió la longitud, altura y ancho de la concha (±0.1 mm); los pesos húmedos, como el total, de la masa visceral y de la concha (±0.01 g), con ayuda de un vernier y una balanza electrónica de precisión. El peso seco de los tejidos se obtuvo seleccionando 15 individuos de diferentes tallas de cada muestra. En una estufa a 70 ºC y durante 72 h se llevaron a peso seco los tejidos

de 30 ostiones y 15 patas de mula por cada muestra. Con el peso húmedo y seco se estimó la biomasa.

Para el los demás grupos de invertebrados se hicieron las observaciones similares a la descrita anteriormente.

El proceso de identificación de los organismos se realizó simultáneo a la evaluación cuantitativa de las muestras. Los moluscos recolectados como fauna asociada se identificaron con las claves taxonómicas de Keen (1971), Abbott (1974) y Coan *et al*. (2000). Los crustáceos con Rathbun (1918 y 1930); Snyder-Conn (1980); Villalobos-Hiriart *et al*. (1989) y Hendrickx (1995 y 1999). El resto de macroinvertebrados se identificaron con las obras de Brusca (1980) y Kerstitch y Bertsch (2007).

Determinación de los factores ambientales

Los factores ambientales que se registran son la temperatura del aire, la radiación solar, temperatura y salinidad en el agua de mar. Caracterización del tipo de suelo, muestra con nucleador (0.5 kg) para análisis del contenido de arena-arcilla-limos, materia orgánica (%), pH del suelo y temperatura intersticial. El equipo utilizado consistió de un termómetro de cubeta para agua de ±0.5 °C de precisión, para ambiente un termómetro digital de ±0.1 °C de precisión y el mismo registra la humedad con 1% de precisión, para salinidad del agua y suelo se utilizó un refractómetro compensado de 0 a 100 ups, con precisión de ±1 ups. Para determinar la salinidad en el suelo se ayudó con una jeringa de 50 mm y papel filtro. El pH con un potenciómetro para suelo de 3.5 a 8.0, con ±0.2 de precisión.

V.3 RESULTADOS DE LA FAUNA DEL MANGLAR

Distribución y abundancia de invertebrados

Análisis de la fauna incrustante de las raíces y suelo: Los macroinvertebrados bentónicos están representados principalmente por cnidarios, platelmintos, poliquetos, sipuncúlidos, moluscos, crustáceos y equinodermos (Tabla V.1).

Tabla V.1. Elenco sistemático de los macroinvertebrados asociados al manglar.

Especies del Phylum Cnidaria recolectados en los esteros de El Mogote, Ensenada de La Paz.

	Responsable M. en C. Esteban F. Félix Pico		INSTITUCIÓN: CICIMAR-IPN			
Nº	ESPECIE	LOCALIDAD	NOMBRE COMUN	CLASE	FAMILIA	FECHA
1	*Cerianthus* sp.	El Mogote, estero A	Anémona	Ceriantharia	Ceriantharidae	11-Dic-07

Especies del Phylum Platyhelminthes recolectados en los esteros de El Mogote, Ensenada de La Paz.

Nº	ESPECIE	LOCALIDAD	NOMBRE COMUN	CLASE	FAMILIA	FECHA
1	*Notocomplana mexicana* (Hyman, 1953)	El Mogote, estero A y B	Planaria	Turbellaria	Notoplanidae	21-Jun-07

Especies del Phylum Annelida recolectados en los esteros de El Mogote, Ensenada de La Paz.

Nº	ESPECIE	LOCALIDAD	NOMBRE COMUN	CLASE	FAMILIA	FECHA
1	*Filograna implexa* Berkeley	El Mogote, estero C	Tubicola púrpura	Polychaeta	Serpulidae	26-Ago-07
2	*Hydroides crucigera* Mörch	El Mogote, estero A y B	Tubicola grande	Polychaeta	Serpulidae	26-Ago-07
3	*Nepthys* spp.	El Mogote, estero A y B	Poliqueto	Polychaeta	Nephtyidae	21-Jun-07

Especies del Phylum Sipuncula recolectados en los esteros de El Mogote, Ensenada de La Paz.

Nº	ESPECIE	LOCALIDAD	NOMBRE COMUN	CLASE	FAMILIA	FECHA
1	*Themiste lissum* (Fisher)	El Mogote, estero A y B	Sipuncúlido	Sipunculida	Themistidae	26-Ago-07

Especies del Phylum Mollusca recolectados en los esteros de El Mogote, Ensenada de La Paz.

	Responsable M. en C. Esteban F. Félix Pico		INSTITUCIÓN: CICIMAR-IPN			
Nº	ESPECIE	LOCALIDAD	NOMBRE COMUN	CLASE	FAMILIA	FECHA
1	*Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833)	El Mogote, estero A y B	Pata de mula negra	Bivalvia	Arcidae	21-Jun-07
2	*Brachidontes semilaevis* (Menke, 1849)	El Mogote, estero A, B y C	Chorito	Bivalvia	Mytilidae	21-Jun-07
3	*Cerithidea valida* (C.B. Adams, 1852)	El Mogote, estero A	Caracol del manglar	Gastropoda	Cerithiidae	21-Jun-07
4	*Cerithium stercusmuscarum* Valenciennes, 1833	El Mogote, estero A	Caracol de fango	Gastropoda	Cerithiidae	21-Jun-07
5	*Corbula inflata* (C.B. Adams, 1852)	El Mogote, estero A	Almeja del mangle	Bivalvia	Corbulidae	21-Jun-07
6	*Crassostrea palmula* Carpenter, 1857	El Mogote, estero A, B y C	Ostión de mangle	Bivalvia	Ostreidae	21-Jun-07
7	*Isognomon recognitus* (Mabille, 1895)	El Mogote, estero A	Callo de mangle	Bivalvia	Isognomonidae	21-Jun-07
8	*Nerita funiculata* Menke, 1851	El Mogote, estero A	Caracol nerita negra	Gastropoda	Neritidae	21-Jun-07
9	*Lithophaga aristata* (Dillwyn, 1817)	El Mogote, estero A	Almeja perforadora	Bivalvia	Mytilidae	26-Sep-07
10	*Cumingia adamsi* Olsson, 1961	El Mogote, estero C	Almeja de nido	Bivalvia	Pholadidae	26-Sep-07
11	*Crepidula onyx* Sowerby, 1824	El Mogote, estero C	Lapa	Gastropoda	Pholadidae	21-Nov-07

Especies del Phylum Arthropoda recolectados en los esteros de El Mogote, Ensenada de La Paz.

	Responsable M. en C. Esteban F. Félix Pico		INSTITUCIÓN: CICIMAR-IPN			
Nº	ESPECIE	LOCALIDAD	NOMBRE COMUN	CLASE	FAMILIA	FECHA
1	***Aratus pisonii* (Milne Edwards, 1837)**	El Mogote, estero A y B	Cangrejo del mangle	Crustacea	Grapsidae	21-Jun-07
2	***Goniopsis pulchra* (Lockington, 1876)**	El Mogote, estero A, B y C	Caraña de mangle	Crustacea	Grapsidae	21-Jun-07
3	***Pachygrapsus transversus* (Gibbes, 1850)**	El Mogote, estero A	Cangrejo ahuete	Crustacea	Grapsidae	21-Jun-07
4	***Panopeus purpureus* Lockington, 1877**	El Mogote, estero A y B	Cangrejo purpura	Crustacea	Panopeidae	21-Jun-07
5	***Cataleptodius occidentalis* (Stimpson, 1871)**	El Mogote, estero A y B	Cangrejo ahuete	Crustacea	Xanthidae	21-Jun-07
6	***Callinectes arcuatus* Ordaway, 1863**	El Mogote, estero A y B	Jaiba del mangle	Crustacea	Portunidae	21-Jun-07
7	***Callinectes bellicosus* (Stimpson, 1871)**	El Mogote, estero A y B	Jaiba guerrera	Crustacea	Portunidae	21-Jun-07
8	***Chthamalus fissus* Darwin, 1854**	El Mogote, estero A y B	Balano	Crustacea	Chthamalidae	21-Jun-07
9	***Chthamalus anisopoma* Pilsbry, 1916**	El Mogote, estero A	Balano	Crustacea	Chthamalidae	29-Ago-07
10	***Clibanarius digueti* Bouvier**	El Mogote, estero A y B	Hermitaño	Crustacea	Diogenidae	21-Jun-07
11	***Hyale sp.***	El Mogote, estero A y B	Pulga de mar	Crustacea	Talitroidea	29-Ago-07
12	***Farfantepenaeus californiensis Holmes, 1900***	El Mogote, estero A	Camarón café	Crustacea	Penaeidae	21-Nov-07
13	***Cirolana parva* (Menzies, 1962)**	El Mogote, estero A y B	Isópodo	Crustacea	Cirolanidea	11-Dic-07

Especies del Phylum Echinodermata recolectados en los esteros de El Mogote, Ensenada de La Paz.

	Responsable M. en C. Esteban F. Félix Pico		INSTITUCIÓN: CICIMAR-IPN			
Nº	ESPECIE	LOCALIDAD	NOMBRE COMUN	CLASE	FAMILIA	FECHA
1	*Heliaster kubiniji* Xantus, 1860	El Mogote, estero A y B	Estrella sol	Asteroidea	Heliasteridae	21-Jun-07

Estos grupos de organismos se distribuyen predominantemente establecidos en las raíces del mangle rojo y sobre el piso fangoso inferior y superior del manglar,

algunos restringidos a substratos arenosos. Se tienen identificadas 31 especies, de los cuales son crustáceos (13), moluscos (11), poliquetos (3), cnidarios (1), platelmintos (1), sipuncúlidos (1) y equinodermos (1). Durante este trimestre sólo se encontraron 26 especies, de las cuales 4 son nuevas o que se agregan a la lista total. Son crustáceos (2), moluscos (1) y cnidarios (1).

Las raíces de *Rhizophora mangle*, entre los niveles de marea alta y baja, están cubiertas por densas comunidades de invertebrados, son varias especies y algunas de ellas características de este ambiente. La comunidad está formada por una masa de ostiones *Crassostrea palmula*, con incrustantes *Chthamalus fissus* (Crustacea: Cirripedia); *Braquidontes semilaevius* (Mollusca: Bivalvia), y *Aratus pisonii* y *Goniopsis pulchra* (Crustacea: Brachyura). En las tablas V.2, V.3 y V.4 se presenta el registro de las especies expresadas en frecuencias de individuos por cada raíz muestreada y por estero.

La infauna del sustrato fangoso entre las raíces de la parte externa del manglar se encuentran las almejas *Anadara tuberculosa* y *Corbula inflata*, y algunas especies de gusanos poliquetos.

Tabla V.2. Diversidad, distribución y abundancia de los macroinvertebrados del manglar durante el muestreo de octubre de 2007.

LOCALIDAD: EL MOGOTE, Monitoreo No. 4 Fecha: 23-octubre-2007		Estero A Raíz No. 1	Raíz No. 1	Boca Raíz No. 2	Raíz No. 2	Estero B Raíz No. 2	Raíz No. 2	Estero C Raíz No. 3	Raíz No. 3	
ESPECIES	**NOMBRE COMUN**	**Vivos**	**Muertos**	**Vivos**	**Muertos**	**Vivos**	**Muertos**	**Vivos**	**Muertos**	**SUMA**
POLYCHAETA	**GUSANOS**									
Nepthys spp.	Poliqueto	0	0	0	0	2	0	10	0	12
Filograna implexa	Tubicola púrpura	0	0	0	0	0	0	9	0	9
Hydroides crucigera	Tubicola grande	3	0	2	0	0	0	0	0	5
PLATYHELMINTHES										
Notocomplana mexicana	Planaria	0	0	1	0	0	0	0	0	1
SIPUNCULA										
Themiste lissum	Sipunculido	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MOLLUSCA	**MOLUSCOS**									
Anadara tuberculosa	Pata de mula	96	0	0	0	77	0	3	0	176
Brachidontes semilaevis	Chorito	8	1	6	0	1	0	0	0	16
Cerithidea valida	Caracol del manglar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerithium stercusmuscarum	Caracol del fango	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corbula inflata	Almeja de mangle	1	0	0	0	1	0	0	0	2
Crassostrea palmula	Ostión de mangle	12	55	23	30	73	98	89	44	424
Isognomon recognitus	Callo de árbol	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Nerita funiculata	Caracol nerita	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Cumingia adamsi	Almeja de nido	92	0	0	0	0	0	0	0	92
Lithophaga aristata	Almeja barrenadora	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CRUSTACEA	**CRUSTACEOS**									
Chthamalus fissus	Balano	486	523	155	89	4	10	75	178	1520
Clibanarius digueti	Hermitaño	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aratus pisonii	Cangrejo de mangle	5	0	6	0	1	0	5	0	17
Goniopsis pulchra	Cangrejo rojo	3	0	0	0	1	0	1	0	5
Pachygrapsus transversus	Grápsido	4	0	1	0	2	0	2	0	9
Panopeus purpureus	Xantido	3	0	8	0	2	0	1	0	14
Cataleptodius occidentalis	Xantido	2	0	1	0	1	0	0	0	4
Callinectes arcuatus	Jaiba del mangle	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Callinectes bellicosus	Jaiba guerrera	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyale sp.	Pulgas de mar	3	0	0	0	0	0	8	0	11
ECHINODERMATA	**EQUINODERMOS**									
Heliaster kubiniji	Estrella sol	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MANGLES										
Laguncularia racemosa	Mangle blanco	0		1		0		0		
Avicennia germinans	Mangle negro	0		0		0		0		
Rhizophora mangle	Mangle rojo	1		0		1		1		
	Suma	**721**	**579**	**203**	**119**	**165**	**108**	**205**	**222**	**2322**
	Especies	**14**	**3**	**9**	**2**	**11**	**2**	**12**	**2**	**11.5**
	Totales	**19**								

Tabla V.3. Diversidad, distribución y abundancia de los macroinvertebrados del manglar durante el muestreo de noviembre de 2007.

LOCALIDAD: EL MOGOTE, Monitoreo No. 5		Estero A		Boca		Estero B		Estero C		
Fecha: 21-noviembre-2007		Raíz No. 1	Raíz No. 1	Raíz No. 2	Raíz No. 2	Raíz No. 2	Raíz No. 2	Raíz No. 3	Raíz No. 3	
ESPECIES	NOMBRE COMUN	Vivos	Muertos	Vivos	Muertos	Vivos	Muertos	Vivos	Muertos	SUMA
POLYCHAETA	**GUSANOS**									
Nepthys spp.	Poliqueto	0	0	3	0	16	0	0	0	19
Filograna implexa	Tubicola púrpura	0	0	0	0	0	0	19	0	19
Hydroides crucigera	Tubicola grande	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLATYHELMINTHES										
Notocomplana mexicana	Planaria	1	0	2	0	0	0	0	0	3
SIPUNCULA										
Themiste lissum	Sipunculido	0	0	0	0	1	0	2	0	3
MOLLUSCA	**MOLUSCOS**									
Anadara tuberculosa	Pata de mula	67	0	0	0	39	0	0	0	106
Brachidontes semilaevis	Chorito	1	1	0	0	0	0	4	0	6
Cerithidea valida	Caracol del manglar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerithium stercusmuscarum	Caracol del fango	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Corbula inflata	Almeja de mangle	0	2	0	0	0	0	0	0	2
Crassostrea palmula	Ostión de mangle	81	114	23	46	51	52	53	14	434
Isognomon recognitus	Callo de árbol	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nerita funiculata	Caracol nerita	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cumingia adamsi	Almeja de nido	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Lithophaga aristata	Almeja barrenadora	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Crepidula onyx	Lapa	0	0	0	0	2	0	0	0	2
CRUSTACEA	**CRUSTACEOS**									
Chthamalus fissus	Balano	431	335	212	208	15	293	174	89	1757
Clibanarius digueti	Hermitaño	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aratus pisonii	Cangrejo de mangle	2	0	2	0	2	0	0	0	6
Goniopsis pulchra	Cangrejo rojo	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Pachygrapsus transversus	Grápsido	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Panopeus purpureus	Xantido	2	0	0	0	2	0	2	0	6
Cataleptodius occidentalis	Xantido	2	0	0	0	0	0	1	0	3
Callinectes arcuatus	Jaiba del mangle	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Callinectes bellicosus	Jaiba guerrera	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyale sp.	Pulgas de mar	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Farfantepenaeus californiensis	Camarón café	0	0	2	0	0	0	0	0	2
ECHINODERMATA	**EQUINODERMOS**									
Heliaster kubiniji	Estrella sol	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MANGLES										
Laguncularia racemosa	Mangle blanco	0		1		0		0		
Avicennia germinans	Mangle negro	0		0		0		0		
Rhizophora mangle	Mangle rojo	1		0		1		1		
	Suma	**593**	**452**	**244**	**254**	**128**	**345**	**258**	**103**	**2377**
	Especies	**12**	**4**	**5**	**2**	**8**	**2**	**9**	**2**	**8.5**
	Totales	**19**								

Tabla V.4. Diversidad, distribución y abundancia de los macroinvertebrados del manglar durante el muestreo de diciembre de 2007.

	LOCALIDAD: EL MOGOTE, Monitoreo No. 6		Estero A		Boca		Estero B		Estero C			
	Fecha: 11-diciembre-2007		Raíz No. 1	Raíz No. 1	Raíz No. 2	Raíz No. 2	Raíz No. 2	Raíz No. 2	Raíz No. 3	Raíz No. 3		
	ESPECIES	NOMBRE COMUN	Vivos	Muertos	Vivos	Muertos	Vivos	Muertos	Vivos	Muertos	SUMA	Resumen
	CNIDARIA	**ANÉMONAS**										
1	*Cerianthus* sp.	Anemona	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	POLYCHAETA	**Gusanos planos**										
2	*Nepthys* spp.	Poliqueto	0	0	1	0	13	0	2	0	16	63
3	*Filograna implexa*	Tubicola púrpura	0	0	0	0	0	0	59	0	59	146
4	*Hydroides crucigera*	Tubicola grande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	PLATYHELMINTHES	Gusanos planos										
5	*Notocomplana mexicana*	Planaria	1	0	0	0	0	0	0	0	1	5
	SIPUNCULA											
6	*Themiste lissum*	Sipunculido	0	0	0	0	2	0	0	0	2	7
	MOLLUSCA	**MOLUSCOS**										
7	*Anadara tuberculosa*	Pata de mula	109	0	0	0	32	0	12	0	153	479
8	*Brachidontes semilaevis*	Chorito	0	0	3	0	2	0	0	0	5	32
9	*Cerithidea valida*	Caracol del manglar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	*Cerithium stercusmuscarum*	Caracol del fango	0	0	4	0	0	0	0	0	4	11
11	*Corbula inflata*	Almeja de mangle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
12	*Crassostrea palmula*	Ostión de mangle	22	23	49	18	38	41	81	29	301	1438
13	*Isognomon recognitus*	Callo de árbol	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3
14	*Nerita funiculata*	Caracol nerita	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3
15	*Cumingia adamsi*	Almeja de nido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93
16	*Lithophaga aristata*	Almeja barrenadora	0	0	1	0	1	0	0	0	2	5
17	*Crepidula onyx*	Lapa	2	0	0	1	2	0	0	0	5	10
	CRUSTACEA	**CRUSTACEOS**										
18	*Chthamalus fissus*	Balano	1165	753	170	198	5	60	128	80	2559	7230
19	*Chthamalus anisopoma*	Balano grande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	*Clibanarius digueti*	Hermitaño	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	*Aratus pisonii*	Cangrejo de mangle	2	0	0	0	1	0	0	0	3	27
22	*Goniopsis pulchra*	Cangrejo rojo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
23	*Pachygrapsus transversus*	Grápsido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
24	*Panopeus purpureus*	Xantido	2	0	0	0	0	0	2	0	4	26
25	*Cataleptodius occidentalis*	Xantido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
26	*Callinectes arcuatus*	Jaiba del mangle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
27	*Callinectes bellicosus*	Jaiba guerrera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	*Hyale sp.*	Pulgas de mar	3	0	1	0	0	0	3	0	7	24
29	*Farfantepenaeus californiensis*	Camarón café	0	0	2	0	0	0	0	0	2	2
30	*Ci rolana parva*	Isopódo	9	0	18	0	0	0	0	0	27	45
	ECHINODERMATA	**EQUINODERMOS**										
31	*Heliaster kubiniji*	Estrella sol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MANGLES											
	Laguncularia racemosa	Mangle blanco	0		1		0		0			
	Avicennia germinans	Mangle negro	0		0		0		0			
	Rhizophora mangle	Mangle rojo	1		0		1		1			
		Suma	**1316**	**776**	**250**	**217**	**96**	**101**	**288**	**109**	**3153**	**9684**
		Especies	**10**	**2**	**9**	**3**	**9**	**2**	**8**	**2**	**9**	3.6620642
		Totales	**19**									26

Son numerosos los *Chthamalus fissus* con abundancias que van de 1,520 individuos a 2,559 individuos por muestreo, aunque no son significantes en biomasa. En cambio, los ostiones *Crassostrea palmula* si representan una alta cantidad en número de individuos con valores de 301 a 434 individuos por muestreo o desde 12 a 114 por raíz. Las patas de mula *Anadara tuberculosa* presentó una cantidad importante con valores de 106 a 176 individuos.

De las especies registradas en mes octubre (Fig. V.2) las de mayor frecuencia, después de las antes mencionadas, fueron otros moluscos bivalvos como *Cumingia adamsi* y *Braquidontes semilaevis*. Con frecuencia parecen los

cangrejos del mangle *Aratus pisonii* y el cangrejo *Panopeus purpureus*, seguido en importancia por los anfípodos *Hyale* sp.

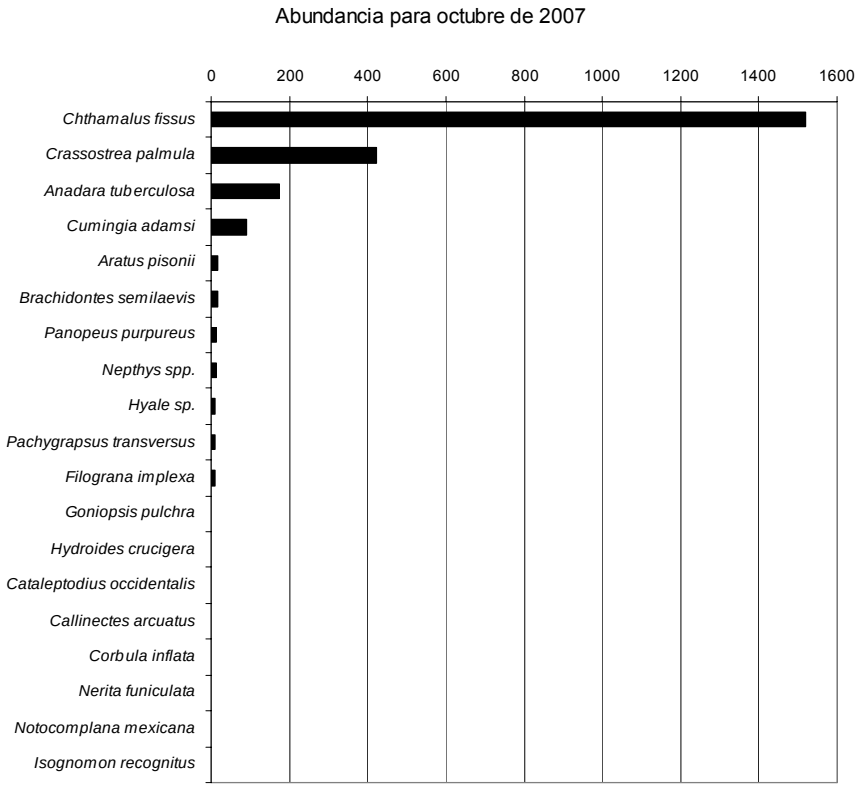


Figura V.2. Abundancia en número de individuos por raíces muestreadas durante octubre de los macroinvertebrados más abundantes.

Para los meses de noviembre (Fig. V.3) y diciembre (Fig. V.4) las dos primeras especies continúan presentes con mayor frecuencia, para aparecer en tercer sitio la pata de mula *Anadara tuberculosa* seguida por los poliquetos *Filograna implexa*, los isópodos *Cirolana parva* y el cangrejo *Aratus pisonii*.



Figura V.3. Abundancia en número de individuos por raíces muestreadas durante noviembre de los macroinvertebrados más abundantes.

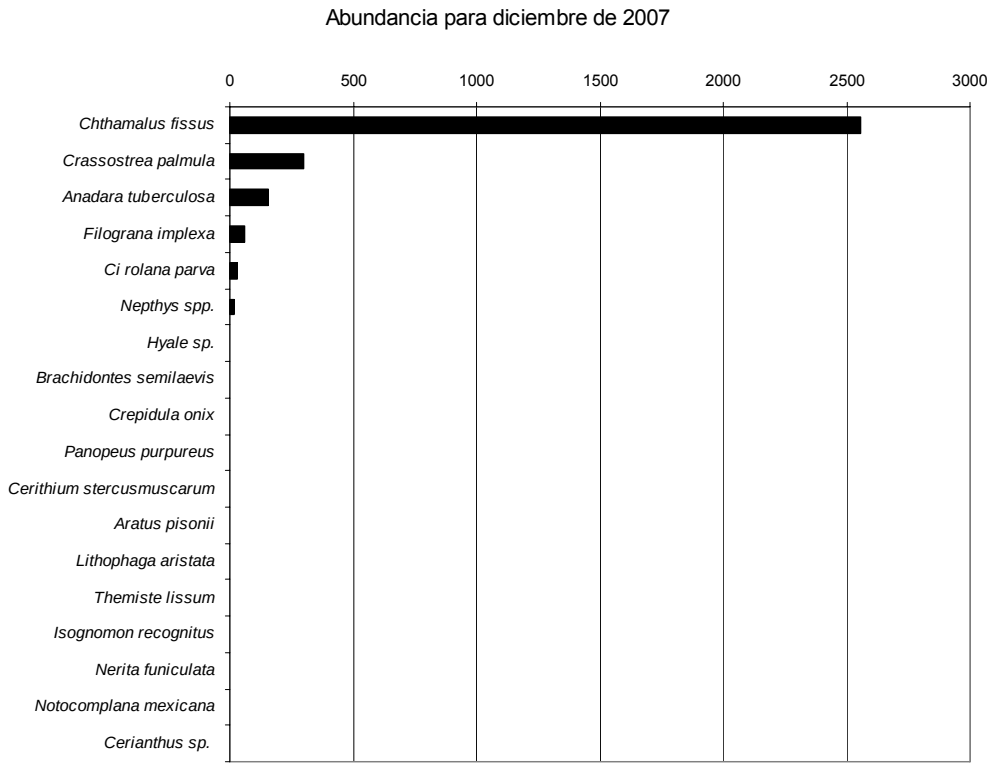


Figura V.4. Abundancia en número de individuos por raíces muestreadas durante diciembre de los macroinvertebrados más abundantes.

*En la Figura V.5, se puede observar como se agregan en las raíces, principalmente los ostiones, filtradores de fitoplancton y consumidores de detrito, producto de la descomposición de la hojarasca producto de los mangles.

El fango entre las raíces fulcras y neumatóforos del manglar suelen estar acribilladas por galerías de los cangrejos *Goniopsis pulchra* y *Panopeus purpureus*. En las zonas de canales de inundación y bancos fangosos es común encontrar los caracoles *Cerithidea valida*, *Cerithium stercusmuscarum* y *Nerita funiculata* (Fig. V.6). Aparecen frecuentemente, con densidades de 100 a 150 ind.m^{-2}.



Figura V.5. Raíces de mangle rojo con agregaciones de *Crassostrea palmula*.



Figura V.6. Banco fangoso de la boca del estero A con agregaciones de los caracoles *Cerithium stercusmucarum* y *Cerithidia valida*.

Características poblacionales del Ostión de mangle y Almeja pata de mula

Los muestreos de tallas en las recolectas llevadas a cabo de octubre 2007 del ostión de *Crassostrea palmula* en los esteros de El Mogote muestran un rango de tallas en longitud total de 16.8 a 42.9 mm con un promedio de 28.0 mm ±5.9 (Fig. V.7). El ostión de mangle *C. palmula* es la especie que representó mayor biomasa, con un máximo de 805.4 g de peso fresco o de 239.7 g de peso seco por metro cuadrado en raíces de mangle rojo (Tabla V.5).

Tabla V.5. Estimación de la biomasa por metro cuadrado de raíces de mangle rojo.

Biomasa estimada para *Crassostrea palmula* en los esteros de El Mogote durante octubre de 2007.				
Localidad	**Ostiones/m2**	**Peso entero (g)/m2**	**Peso fresco (g)/m2**	**Peso seco (g)/m2**
Estero A1	120	1686.17	132.40	39.41
Estero A2	230	3231.83	253.77	75.54
Estero B	120	1686.17	132.40	39.41
Estero C	730	10257.54	805.43	239.75

El grupo de tallas de los ostiones presentan una forma de campana con la presencia de individuos de tallas juveniles y adultos, característico de una población normal y no explotada (Fig. V.7).

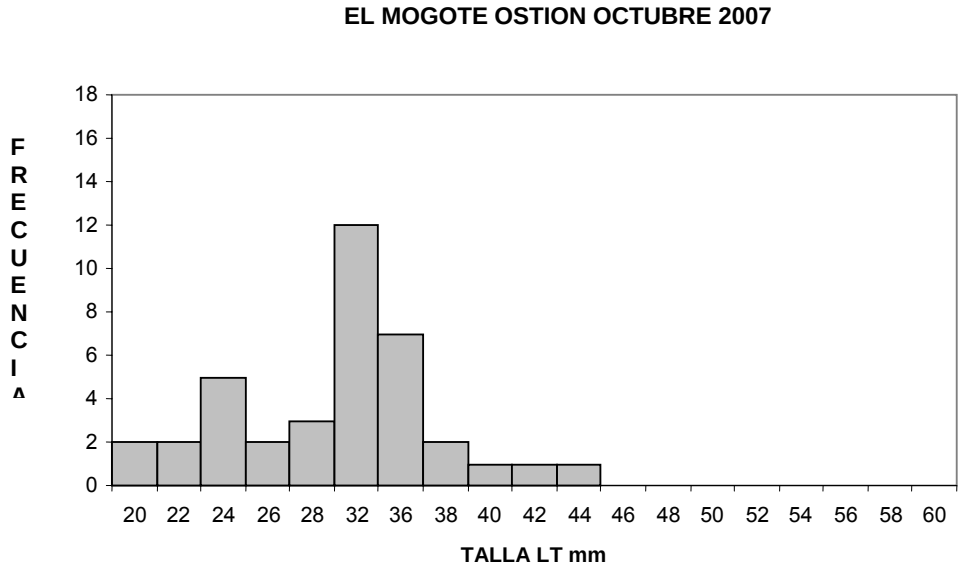


Figura V.7. Distribución de las tallas de los ostiones de mangle.

En la figura V.8 se observan las actividades de colecta entre las raíces del mangle de los individuos de *Anadara tuberculosa* y para monitoreo de las medidas morfológicas de tallas y de pesos de los tejidos.





Figura V.8. Recolecta manual de las almejas patas de mula entre las raíces del manglar para el análisis morfológico y estimaciones de densidades.

La distribución por tallas de las recolectas llevadas a cabo de octubre 2007 de la pata de mula, *Anadara tuberculosa* en los esteros de El Mogote muestran un intervalo de tallas en longitud total de 33.6 a 90.7 mm con un promedio de 62.4 mm ±9.85 (Fig. V.9).

Encontramos alta densidad de 2.0 individuos/m^2 para los esteros A y B, y la mínima densidad en el estero C con 0.1 individuos/m^2. Se hizo una estimación confiable de biomasa, siendo la máxima biomasa en peso fresco de 32.36 g por metro cuadrado o de 5.73 g de peso seco (Tabla V.6).

Tabla V.6. Estimación de la biomasa por metro cuadrado de pata de mula entre las raíces de mangle rojo y blanco durante el mes de octubre de 2007.

Localidad	Patas/m2	Peso entero (g)/m2	Peso fresco (g)/m2	Peso seco (g)/m2
Estero A	2.02	145.53	33.85	5.99
Estero B	1.93	139.14	32.36	5.73
Estero C	0.15	10.80	2.51	0.44

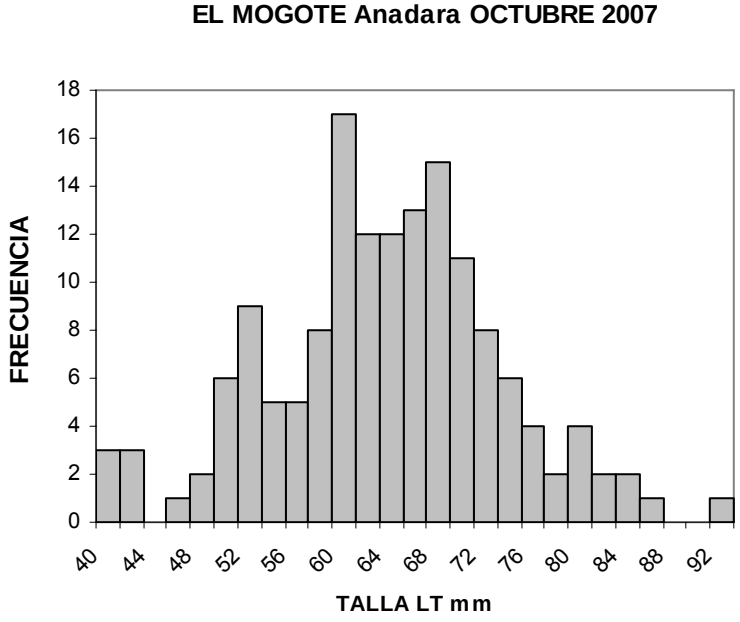


Figura V.9. Distribución de las tallas de las patas de mula durante octubre de 2007.

Los muestreos de tallas en las recolectas llevadas a cabo de noviembre 2007 del ostión de *Crassostrea palmula* en los esteros de El Mogote muestran un intervalo de tallas en longitud total de 15.1 a 44.0 mm con un promedio de 27.7 mm ±6.8. Se marcan tres modas de grupos de edades (Fig. V.10).

El ostión de mangle, *Crassostrea palmula,* es la especie que representó mayor biomasa, en el transecto realizado en la boca del estero A, con un máximo de 996.3 g de peso fresco por metro cuadrado o de 262.5 g de peso seco por metro cuadrado en raíces de mangle rojo durante el mes de noviembre de 2007 (Tabla V.7).

Tabla V.7. Estimación de la biomasa de ostión por metro cuadrado de raíces de mangle rojo durante noviembre de 2007.

Biomasa estimada para *Crassostrea palmula* en los esteros de El Mogote durante noviembre de 2007.				
Localidad	**Ostiones/m2**	**Peso entero (g)/m2**	**Peso fresco (g)/m2**	**Peso seco (g)/m2**
Estero A1	810	10443.21	996.30	262.51
Estero A2	230	2965.36	282.90	74.54
Estero B	510	6575.36	627.30	165.28
Estero C	530	6833.21	651.90	171.77

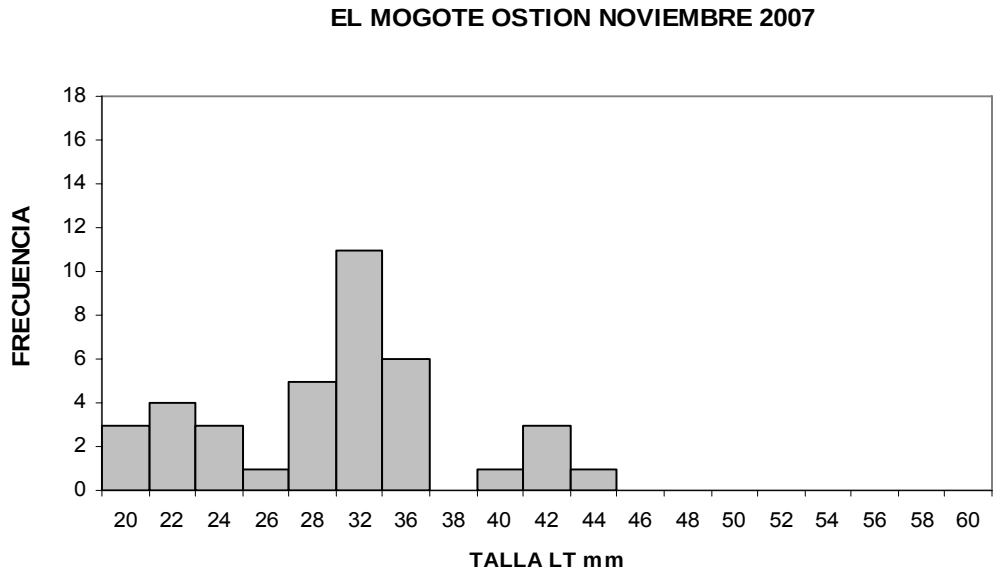


Figura V.10. Distribución de las tallas de los ostiones durante noviembre de 2007.

El análisis de tallas de las recolectas llevadas a cabo de noviembre 2007 de la pata de mula *Anadara tuberculosa* en los esteros de El Mogote muestran un intervalo de tallas en longitud total de 41.9 a 82.2 mm con un promedio de 64.1 mm ±8.82 (Fig. V.11).

Encontramos menor densidad que en el mes de octubre de 1.49 individuos/m^2, por lo que, el tamaño de muestra necesario se alcanzó para una estimación confiable de biomasa, siendo la biomasa en peso fresco de 23.78 g por metro cuadrado o de 4.76 g de peso seco (Tabla V.8).

Tabla V.8. Estimación de la biomasa por metro cuadrado de pata de mula entre las raíces de mangle rojo y blanco durante el mes de noviembre de 2007.

Biomasa estimada para *Anadara tuberculosa* en los estero de El Mogote durante noviembre de 2007.				
Localidad	**Patas/m2**	**Peso entero (g)/m2**	**Peso fresco (g)/m2**	**Peso seco (g)/m2**
Estero A	1.49	122.46	23.78	4.76
Estero B	1.30	106.92	20.77	4.15

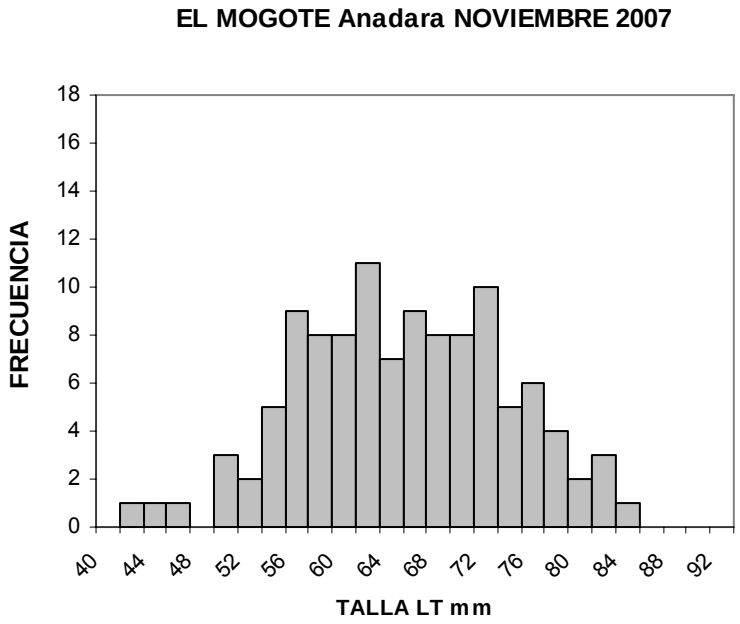


Figura V.11. Distribución de las tallas de las patas de mula durante noviembre de 2007.

La distribución por de tallas en las recolectas llevadas a cabo de diciembre 2007 del ostión de *Crassostrea palmula* en los esteros de El Mogote muestran un intervalo de tallas en longitud total de 16.1 a 46.8 mm con un promedio de 28.9 mm ±6.5 (Fig. V.12).

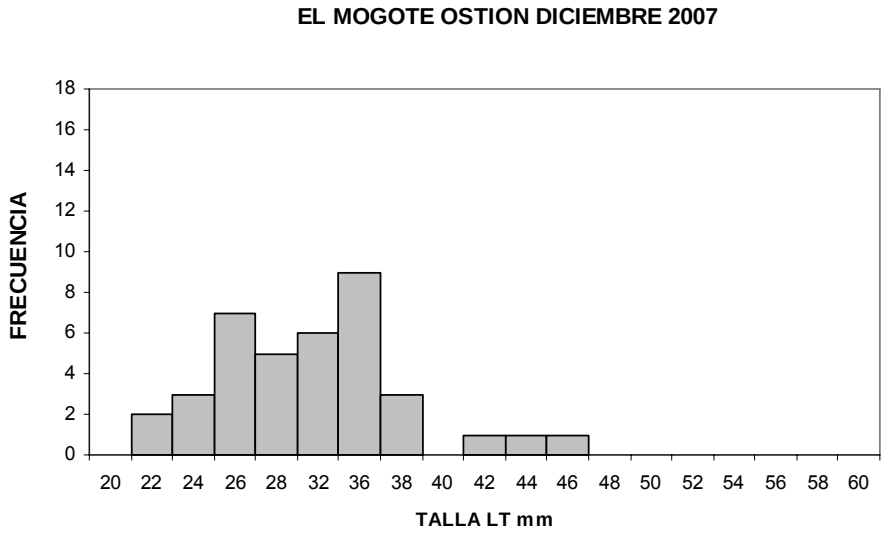


Figura 12. Distribución de las tallas de los ostiones durante diciembre de 2007.

El ostión de mangle *Crassostrea palmula* es la especie que representó mayor biomasa, en los transectos realizados en la boca del estero C, con un máximo de 855.9 g de peso fresco/m² ó de 275.9 g de peso seco/m² en raíces de mangle rojo durante el mes de diciembre de 2007. En el estero A2 la biomasa fue alta, con un máximo de 517.77 g de peso fresco/m² ó de 166.91 g de peso seco/m² en raíces de mangle rojo (Tabla V.9).

Tabla V.9. Estimación de la biomasa de ostión por metro cuadrado de raíces de mangle rojo durante diciembre de 2007.

Biomasa estimada para *Crassostrea palmula* en los esteros de El Mogote durante diciembre de 2007.				
Localidad	**Ostiones/m2**	**Peso entero (g)/m2**	**Peso fresco (g)/m2**	**Peso seco (g)/m2**
Estero A1	220	3026.89	232.47	74.94
Estero A2	490	6741.70	517.77	166.91
Estero B	380	5228.26	401.53	129.44
Estero C	810	11144.44	855.90	275.91

Los muestreos de tallas de las recolectas llevadas a cabo de diciembre 2007 de la pata de mula *Anadara tuberculosa* en los esteros de El Mogote muestran un rango de tallas en longitud total de 43.8 a 83.1 mm con un promedio de 64.6 mm ±8.53 (Fig. V.13).

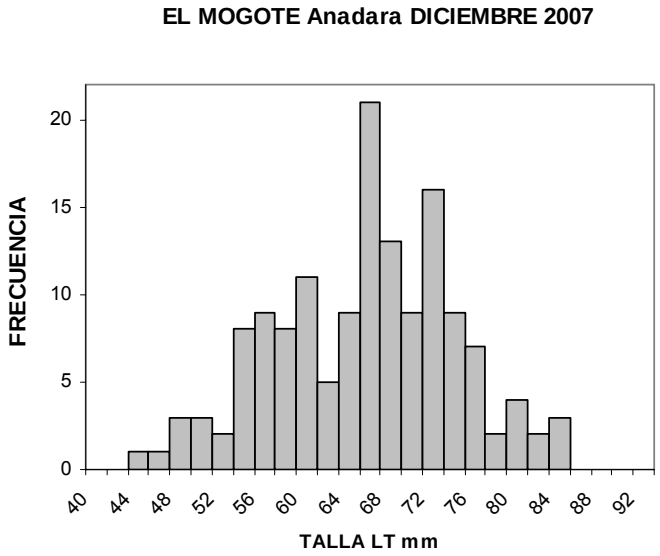


Figura V.13. Distribución de las tallas de las patas de mula durante diciembre de 2007.

En la recolecta de *Anadara tuberculosa* encontramos alta densidad de 2.18 individuos/m^2, por lo que, el tamaño de muestra necesario se alcanzó para una estimación confiable de biomasa, siendo la máxima biomasa en peso fresco de 42.81 g por metro cuadrado o de 4.15 g de peso seco en el estero A y en el estero B con menor biomasa en peso fresco fue de 20.95 g por metro cuadrado o de 3.61 g de peso seco, y la menor proporción en biomasa fue para el estero C (Tabla V.10).

Tabla V.10. Estimación de la biomasa por metro cuadrado de pata de mula entre las raíces de mangle rojo y blanco durante el mes de diciembre de 2007.

Biomasa estimada para *Anadara tuberculosa* en los estero de El Mogote durante diciembre de 2007.				
Localidad	**Patas/m2**	**Peso entero (g)/m2**	**Peso fresco (g)/m2**	**Peso seco (g)/m2**
Estero A	2.18	172.40	42.81	7.38
Estero B	1.07	84.36	20.95	3.61
Estero C	0.30	51.72	12.84	2.21

En la Tabla V.11 se resumen las variables morfométricas de los ostiones recolectados de octubre a diciembre de 2007 en los esteros de El Mogote.

Tabla V.11. Las variables morfométricas de *Crassostrea palmula* recolectados de octubre a diciembre de 2007 en los esteros de El Mogote.

FECHA:	23/10/2007			NUM. IND.:	70			
	LONGITUD	ALTURA	TOTAL	SIN CONCHA	PESO SECO	CARNE FRESCA		
MEDIDAS DE LA CONCHA EN MM		PESO HUMEDO TOTAL (g)			(g)	Proporción %	Proporción de carne seca	
PROMEDIOS	27.99	39.57	14.05	1.10	0.33	7.85	29.70	
Desv.Est.	5.91	8.24	7.27	0.50	0.08			
FECHA:	21/11/2007			NUM. IND.:	70			
	LONGITUD	ALTURA	TOTAL	SIN CONCHA	PESO SECO	CARNE FRESCA		
MEDIDAS DE LA CONCHA EN MM		PESO HUMEDO TOTAL g			(g)	Proporción %	Proporcion de carne seca	
PROMEDIOS	27.67	39.19	12.89	1.23	0.32	9.50	26.35	
Desv.Est.	6.84	8.59	8.06	0.73	0.09			
FECHA:	11/12/2007			NUM. IND.:	70			
	LONGITUD	ALTURA	TOTAL	SIN CONCHA	PESO SECO	CARNE FRESCA		
MEDIDAS DE LA CONCHA EN MM		PESO HUMEDO TOTAL g			(g)	Proporción %	Proporcion de carne seca	
PROMEDIOS	28.87	39.94	13.76	1.06	0.34	7.68	32.24	
Desv.Est.	6.46	6.89	7.63	0.66	0.09			

En la Tabla V.12 se resumen las variables morfométricas de las patas de mula recolectadas de octubre a diciembre de 2007 en los esteros de El Mogote.

Tabla V.12. Las variables morfométricas de *Anadara tuberculosa* recolectados de octubre a diciembre de 2007 en los esteros de El Mogote.

FECHA:	23-Oct-07				NUM. IND.:	152			
	LONGITUD	ALTURA	ESPESOR	TOTAL	SIN CONCHA	PESO SECO	CARNE FRESCA		
	MEDIDAS DE LA CONCHA (mm)			PESO HUMEDO TOTAL (g)		(g)	Proporción %	Proporción de carne seca	
PROMEDIOS	62.43	45.01		71.97	16.74	2.96	23.26	17.69	
Desv.Est.	9.85	7.32	7.59	37.41	6.15	1.27			
FECHA:	21-Nov-07				NUM. IND.:	112			
	LONGITUD	ALTURA		TOTAL	SIN CONCHA	PESO SECO	CARNE FRESCA		
	MEDIDAS DE LA CONCHA (mm)			PESO HUMEDO TOTAL (g)		(g)	Proporción %	Proporción de carne seca	
PROMEDIOS	64.09	48.27		82.25	15.97	3.20	19.42	20.01	
Desv.Est.	8.82	7.38	6.93	37.09	7.44	1.17			
FECHA:	11-Dic-07				NUM. IND.:	146			
	LONGITUD	ALTURA		TOTAL	SIN CONCHA	PESO SECO	CARNE FRESCA		
	MEDIDAS DE LA CONCHA (mm)			PESO HUMEDO TOTAL (g)		(g)	Proporción %	Proporción de carne seca	
PROMEDIOS	64.63	46.91	36.52	79.08	19.64	3.39	0.25	0.17	
Desv.Est.	8.53	6.87	6.61	34.89	8.14	1.10			

Características del aire, agua y suelo de los manglares

Factores ambientales atmosféricos

En el mes de octubre, la temperatura del aire, por lo general tomada antes y después de medio día, siempre fue alta, con promedio de 29.67 °C, variando entre 29° a 31 °C. Otro factor importante es la humedad ambiental con promedio de 45.6%, entre 45 y 46%; y la iluminación a la intemperie que resultó como medida directa con promedio de 119,333 lx, con mínimo de 113,000 y un máximo de 128,000 lx; y registró a la sombra con promedio de 2,933 lux, como mínimo de 2,200 y máximo 3,400 lx. (Tabla V.13).

Tabla V.13. Posición geográfica y factores ambientales del aire durante octubre en los esteros de El Mogote.

FECHA	LUGAR	GEOREFERENCIAS	MANGLE ESPECIE	DISTANCIA ORILLA m	Temperatura ambiente °C	HUMEDAD %	Luz intemperi Lux (lx)	Luz sombra Lux (lx)
23-Oct-07	Estero A	0563290X-2670974Y	Laguncularia	1	31	45	128000	3200
23-Oct-07	Estero B	0566427X-2671827Y	Rhizophora	1	29	46	117000	3400
23-Oct-07	Estero C	0567798X-2672627Y	Avicennia	1	29	46	113000	2200
				Promedios	**29.67**	**45.67**	**119333.33**	**2933.33**
				Desv. est.	**1.15**	**0.58**	**7767.45**	**642.91**

En noviembre, la temperatura en el aire continuó alta con promedio de 30.67 °C, (29° a 32 °C). Otro factor importante es la humedad ambiental con promedio bajo de 36.67%, entre 30 y 48%; y la iluminación a la intemperie que resultó como medida directa con promedio de 93,966 lx, como mínimo de 38,000 y máximo 132,900 lx; y registró a la sombra con promedio de 1,800 lx, como mínimo de 800 y máximo 2,600 lx (Tabla V.14).

Tabla V.14. Posición geográfica y factores ambientales del aire durante noviembre en los esteros de El Mogote.

FECHA	LUGAR	GEOREFERENCIAS	MANGLE ESPECIE	DISTANCIA ORILLA m	Temperatura ambiente °C	HUMEDAD %	Luz intemperie Lux (lx)	Luz sombra Lux (lx)
21-Nov-07	Estero A	0563290X-2670974Y	Laguncularia	1	29	48	132900	2600
21-Nov-07	Estero B	0566427X-2671827Y	Rhizophora	1	31	32	111000	2000
21-Nov-07	Estero C	0567798X-2672627Y	Laguncularia	1	32	30	38000	800
				Promedios	**30.67**	**36.67**	**93966.67**	**1800.00**
				Desv. est.	**1.53**	**9.87**	**49690.07**	**916.52**

El registro promedio de la temperatura en el aire fue de 22.33° C, (20° a 26° C). Otro factor importante es la humedad ambiental con promedio alto de 52.0%, entre 43 y 59%; y la iluminación a la intemperie que resultó como medida directa con promedio de 67,666 lx, como mínimo de 2,700 lx y máximo 128,600 lx; y registró a la sombra con promedio bajo de 1,466 lx, como mínimo de 100 y máximo 2,900 lx. Los valores continuaron extremos o de temporada de verano y son correspondientes al mes de diciembre de 2007 (Tabla V.15).

Tabla V.15. Posición geográfica y factores ambientales del aire durante diciembre en los esteros de El Mogote.

FECHA	LUGAR	GEOREFERENCIAS	MANGLE ESPECIE	DISTANCIA ORILLA m	Temperatura ambiente °C	HUMEDAD %	Luz intemperie Lux (lx)	Luz sombra Lux (lx)
11-Dic-07	Estero A	0563291X-2670991Y	Laguncularia	1	26	43	128600	2900
11-Dic-07	Estero B	0566427X-2671827Y	Laguncularia	1	21	54	71700	1400
11-Dic-07	Estero C	0567798X-2672627Y	Rhizophora	1	20	59	2700	100
				Promedios	**22.33**	**52.00**	**67666.67**	**1466.67**
				Desv. est.	**3.21**	**8.19**	**63046.83**	**1401.19**

Factores hidrológicos

Las condiciones hidrológicas en los esteros estudiados durante octubre resultaron semejantes. Presentan una barra arenosa en las bocas y los canales en su interior presentaron de 0.2 a 0.7 m de profundidad con una marea de 21 cm del nivel de referencia de bajamar inferior (BMI). Los esteros permanecen con condiciones normales durante el muestreo de octubre, con salinidades de 35 a 36 ups con

promedio de 35.67 ups. La temperatura superficial en el agua continuó alta con promedio de 31 ºC, entre 31° a 32 °C (Tabla V.16).

Tabla V.16. Factores ambientales agua de mar y del suelo durante octubre en los esteros de El Mogote.

LUGAR	Temperatura agua °C	Salinidad agua ups	Ph suelo	Temperatura suelo °C	Salinidad suelo ups	Agua Intersticial %	Sedimento Tipo	Hora Inicio-Final	Altura Marea (cm)
Estero A	31.50	36.00	6.00	29.00	40.00	67.41	Fangoso	14:45 15:20	21.00
Estero B	32.00	35.00	6.10	31.80	40.00	55.52	Fangoso	16:05 16:35	35.00
Estero C	31.00	36.00	5.80	31.00	45.00	46.52	Arenoso	17:00 17:30	50.00
Promedio	**31.50**	**35.67**	**5.97**	**30.60**	**41.67**	**56.48**			
Desv. est.	**0.50**	**0.58**	**0.15**	**1.44**	**2.89**	**10.48**			

Los esteros permanecen con condiciones hipersalinas durante el mes de noviembre, con salinidades de 36 a 39 ups con promedio de 38 ups. La temperatura superficial en el agua, con promedio bajo de 27 ºC, entre 25° a 29 °C (Tabla V.17).

Tabla V.17. Factores ambientales agua de mar y del suelo durante noviembre en los esteros de El Mogote.

LUGAR	Temperatura agua °C	Salinidad agua ups	Ph suelo	Temperatura suelo °C	Salinidad suelo ups	Agua Intersticial %	Sedimento Tipo	Hora Inicio-Final	Altura Marea (cm)
Estero A	25	39	6.6	25.8	44	61.37	Fangoso	12:05 13:00	10.00
Estero B	29	39	6.3	23.8	42	62.83	Fangoso	16:00 16:40	25.00
Estero C	27	36	6.8	27.6	47	51.91	Arenoso	16:55 17:20	50.00
Promedios	**27.00**	**38.00**	**6.57**	**25.73**	**44.33**	**58.70**			
Desviacion e	**2.00**	**1.73**	**0.25**	**1.90**	**2.52**	**5.93**			

Los esteros mantienen condiciones continuaron ascendiendo con altas salinidades durante el mes de diciembre, con salinidades de 39 a 40 ups con promedio de 39.7 ups. La temperatura superficial en el agua continúa bajando dando condiciones de invierno, con promedio alto de 20.3 ºC, entre 20° a 21 °C (Tabla V.18).

Tabla V.18. Factores ambientales agua de mar y del suelo durante diciembre en los esteros de El Mogote.

LUGAR	Temperatura agua °C	Salinidad agua ups	Ph suelo	Temperatura suelo °C	Salinidad suelo ups	Agua Intersticial %	Sedimento Tipo	Hora Inicio-Final	Altura Marea (cm)
Estero A	20	39	6.4	19.1	40	57.79	Fangoso	15:00 15:30	0.00
Estero B	21	40	6.6	19.1	40	49.04	Fangoso	16:00 16:45	-0.05
Estero C	20	39	6.8	19.4	45	46.60	Arenoso	17:00 17:30	-0.15
Promedios	**20.33**	**39.33**	**6.60**	**19.20**	**41.67**	**51.14**			
Desv. est.	**0.58**	**0.58**	**0.20**	**0.17**	**2.89**	**5.88**			

Características edafológicas

En el mes de octubre se muestrearon los esteros A, B y C, las diferencias en las salinidades intersticiales variaron de 40 a 45 ups con promedio de 41.7 ups, las cantidades de agua intersticial variaron de 46.5 a 67.4%, el pH de 5.8 a 6.1 y las temperaturas en el suelo promediaron un valor 31.5 °C (Tabla V.16).

En el mes de noviembre se muestrearon los esteros A, B y C, las diferencias en las salinidades intersticiales variaron de 42 a 47 ups con promedio de 44.3 ups, las cantidades de agua intersticial variaron de 51.9 a 61.3%, el pH de 6.3 a 6.8 y las temperaturas en el suelo promediaron 27.0 °C (Tabla V.17).

En el mes de diciembre se muestrearon los esteros A, B y C, las diferencias en las salinidades intersticiales variaron de 40 a 45 ups con promedio de 41.7 ups, las cantidades de agua intersticial variaron de 46.6 a 57.7%, el pH de 6.4 a 6.8 y las temperaturas en el suelo descendieron a un valor promedio de 20.3 °C (Tabla V.18).

Catálogo de fotografías con observaciones ambientales

Se hicieron fotografías para registro de las características fisonómicas de los manglares y la fauna asociada al manglar (aves), asimismo de las condiciones que presentan resultado del efecto del ciclón Henriette y presencia de basura y otros detalles(Figuras V.14, V.15, V.16, V.17, V.18, V.19 y V.20).



Figura V.14. Boca del estero A, con canal amplio y manglar abundante. Este se ubica en la curva o codo de la barra de El Mogote.



Figura V.15. Boca del estero B con canales someros.



Figura V.16. Boca del estero C con canal amplio, pero somero y manglar abundante.



Figura V.17. Presencia de basura en el fondo del estero B



Figura V.18. La presencia de aves en el manglar de los esteros.



Figura V.19. Plantas halófilas en la zona del canal.



Figura V.20. Es notable la presencia de aves en las bocas de los esteros.

RESUMEN

El presente informe comprende el segundo monitoreo trimestral de investigación sobre manglares y fauna asociada como una parte del programa de Monitoreo del Proyecto Paraíso del Mar en El Mogote, La Paz, Baja California Sur, México, desarrollado por el CICIMAR-IPN. El estudio comprendió el conocimiento de la composición y estructura de la fauna de invertebrados existente en la vegetación litoral integrada por las tres especies de mangles comprendida entre la zona de mareas. La observación de los macroinvertebrados asociados a dicha vegetación, principalmente se dirigió al comportamiento en relación a su distribución y abundancia. Además, se lleva el registro de los factores ambientales en aire, agua y suelo, como la temperatura, humedad, radiación, salinidad, mareas y características físico-químicas del substrato. El trabajo consistió en 3 muestreos mensuales realizados de octubre a diciembre de 2007. Las muestras fueron recolectadas en tres esteros de El Mogote. Se identificaron 26 especies, sólo 4

nuevas especies, de los cuales son moluscos (10), crustáceos (10) y otros grupos (6). Las especies dominantes fueron *Chthamalus fissus* (Crustacea: Cirripedia); *Crassostrea palmula*, *Anadara tuberculosa* y *Cumingia adamsi* (Mollusca: Bivalvia), *Filograna implexa* y *Nepthys spp* (Polychaeta), y *Aratus pisonii*, *Goniopsis pulchra* y *Panopeus purpureus* (Crustacea: Brachyura). El ostión de mangle *C. palmula* es la especie que representó mayor biomasa, durante el mes de diciembre con un máximo de 856 g de peso fresco o de 276 g de peso seco por metro cuadrado en raíces de mangle rojo. Para la almeja *A. tuberculosa* siendo la mayor biomasa durante el mes de diciembre registrando un peso fresco de 42.8 g/m^2 o 7.38 g peso seco/m^2. Los esteros permanecen con condiciones hipersalinas durante el muestreo de octubre a diciembre, con temperaturas descendentes a los 21 ºC. Octubre presentó salinidades cercanas a la normal (36 ups). Sin embargo, noviembre y diciembre presenta condiciones por arriba de 38 ups. En el sustrato las condiciones de salinidad promedio fueron de 42.5 ups y un pH de 6.0 a 6.6, ligeramente ácido.

V. BIBLIOGRAFIA

Abbott, R.T. 1974. *American Seashells*. 2nd Ed. Van Nostrand Reinhold, 663 p.

Brusca, R.C. 1980. *Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California*. The University of Arizona Press. Tucson. 513 pp.

Coan, E.V., P. H. Scott y F.R. Bernard. 2000. *Bivalves Seashells of Western North America*. Santa Barbara Museum of Natural History Monographs number 2. 764 pp.

English, S., C. Wilkinson y V. Baker. 1997. *Survey Manual For Tropical Marine Resources*. 2nd Edition, Australian Institute of Marine Science, 390 pp.

Hendrickx, M. E. 1995: Cangrejos, pp. 565-636. *In:* Fisher, W., F. Krupp, W. Schneider , C. Sommer, K. E. Carpenter, y V. H. Niem. *Guia FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico centro-oriental*. Vol. 1. Plantas e invertebrados. FAO, Roma.

Hendrickx, M. E. 1999. *Los Cangrejos Braquiuros (Crustacea: Brachyura: Majoidea y Parthenopoidea) del Pacífico Mexicano*. Comisión Nacional para

el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. 274 pp.

Keen, M.A. 1971. *Sea Shells of Tropical West America*. 2nd Ed. Stanford Univ. Press. Stanford. 1064 pp.

Kerstitch, A. y H. Bertsch. 2007. *Sea of Cortez Marine Invertebrates. A Guide for the Pacific Coast, Mexico to Perú.* 2nd Ed. A Sea Challengers Publication, Monterey, California. 114 pp.,

Rathbun, M.J.1918. *The grapsoid crabs of America*. U.S. Natl. Mus. Bull. 97: 1-461.

Rathbun, M.J. 1930. *The cancroid crabs of America*. U.S. Natl. Mus. Bull. 152:1-609.

Snyder-Conn, E. 1980. Arthropoda: Crustacea. Paguroidea and Coenobitoidea (Hermit Crabs), pp 275-285. *In:* Brusca, R.C. 1980. *Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California*. The Univ. of Arizona Press . 513 pp.

Villalobos-Hiriart J.L., J.C. Nates R., A. Cantú-Díaz B., M.D. Valle M., P. Flores H., E. Lira F. y P. Schmidtsdorf-Valencia, 1989. *Crustáceos estomatópodos y decápodos intermareales de las Islas del Golfo de California, México*. Listados Faunísticos de México I. Instituto de Biología UNAM. 114 pp.

VI. PLANCTON

En el presente informe, no se ofrecen resultados del área de plancton del periodo octubre-diciembre de 2007. Las dificultades iniciales de operación del proyecto condujeron a un retraso involuntario de las actividades. No obstante, la toma de muestras se realizó con la periodicidad indicada y hasta el mes de diciembre se tomaron las muestras de zooplancton que se analizarán a la brevedad.

VII. CONTAMINACION BACTERIANA

VII.1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la contaminación de nuestro entorno está considerada como un serio problema que incluye varios aspectos de seguridad pública. Particularmente, las descargas de aguas residuales son una fuente importante de contaminación de las zonas costeras. En estas, un gran número de bacterias patógenas y virus, como *Streptococcus, Staphyilococcus, Salmonella, Shigella, Vibrio*, virus de la hepatitis y la poliomielitis son descargados en el mar representando un riesgo para la salud pública, por la propagación de enfermedades infecciosas. De acuerdo a Cortés-Lara (2003), los organismos utilizados como indicadores biológicos de contaminación, han sido las bacterias coliformes fecales por las ventajas que representan, entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

- Se considera que niveles bajos de coliformes fecales son buenos indicadores de ausencia de organismos patógenos.
- Su evaluación es relativamente simple y directa.
- Su concentración en aguas residuales (unos 100 millones/100 ml) es mas alta que la de los patógenos.
- No se multiplican fuera del tracto intestinal de animales de sangre caliente.
- Su presencia en sistemas acuáticos es evidencia de contaminación fecal.

Los límites máximos permisibles en la Norma Oficial Mexicana son de 240 coliformes fecales determinados por la prueba de tubos múltiples de fermentación. Se reportan como el Número Más Probable (NMP) en un volumen de 100 ml de agua (240 coliformes fecales NMP/100 ml), para que las aguas sean aceptables para uso recreativo en contacto directo y 1,000 coliformes fecales NMP/100 ml en contacto indirecto u ocasional (NOM-003-ECOL-1997).

La presencia y extensión de contaminación fecal es un factor importante en la determinación de la calidad de un cuerpo de agua. Las heces contienen una variedad de microorganismos y formas de resistencia de los mismos, involucrando

organismos patógenos, los cuales son un riesgo para la salud pública al estar en contacto con el ser humano. El examen de muestras de agua para determinar la presencia de microorganismos del grupo coliforme que habitan normalmente en el intestino humano y de otros animales de sangre caliente da una indicación sensible de dicho tipo de contaminación fecal. Dada la limitada capacidad de algunos miembros del grupo de organismos coliformes para sobrevivir en agua; sus números también pueden emplearse para estimar el grado de contaminación fecal.

VII.2 Metodología

Se realizaron muestreos bacteriológicos en las 11 estaciones establecidas para el monitoreo sistemático de calidad del agua. Se adicionó una estación más, a partir del mes de septiembre frente al restaurante “El Taste”, ubicado a 100m de las calles Álvaro Obregón y Benito Juárez. Se colectaron las muestras en recipientes estériles, iniciando en la estación más lejana y concluyendo en la más cercana con el propósito emplear el menor tiempo posible de transporte de muestras antes de iniciar la siembra. Las muestras se tomaron en superficie y a contracorriente en la proa de la embarcación. El análisis del grupo coliforme, fue por el método del NMP (PROY-NMX-AA-042-SCFI-2005) se llevó a cabo sembrando series de cinco tubos en al menos tres diluciones consecutivas (10, 1, 0.1 ml).

La determinación fue a nivel de coliformes totales y fecales. La determinación de coliformes totales a su vez se dividió en dos pruebas: presuntiva y confirmativa.

a) La prueba presuntiva, consistió en sembrar el agua a analizar en cinco tubos por cada una de las diluciones (por lo menos tres), en tubos de fermentación conteniendo caldo lactosado e incubados por 24 ± 2 horas a 35 ± 0.5º C. Los tubos que presentaron producción de gas fueron considerados “Positivos” a la prueba presuntiva. Los que no produjeron gas se incubaron 24 horas más, para dar un total de 48 ± 3 horas. Los tubos que presentaron producción de gas son considerados también “Positivos” a la prueba presuntiva.

b) Los tubos positivos de la prueba presuntiva se transfirieron cada uno a otro conteniendo caldo bilis verde brillante, se incubaron por 24 ± 2 horas a 35 ± 0.5º

C. Los tubos que presentaron producción de gas fueron considerados “Positivos” a la prueba confirmativa del grupo coliforme. La determinación de coliformes fecales se hizo transfiriendo cada uno de los tubos positivos de la prueba confirmativa de coliformes totales (caldo bilis verde brillante) a tubos de fermentación conteniendo medio EC (*Escherichia coli*), se incubaron en baño de agua a 44.5 ± 0.2º C por 24 ± 2 horas.

VII.3 Resultados

En el mes de julio solo se detectó la presencia de coliformes totales (Tabla 1) en todas las estaciones excepto en E5, E7, E10 y E11.

En los meses de agosto, octubre y noviembre de 2007 mostraron la presencia de coliformes fecales con valores menores a lo establecido Norma Oficial Mexicana (NOM-003-ECOL-1997) en aguas para uso recreativo en contacto indirecto u ocasional.

En el mes de septiembre todas las estaciones excepto la E1 mostraron la presencia de coliformes fecales. Rebasaron lo establecido en la Norma Oficial Mexicana en aguas para uso recreativo las estaciones E4, E5, E8 y E7 con 240000, 14000, 4600 y 1400 coliformes fecales NMP/100 ml (Tabla 1).

El mes de diciembre todas las estaciones excepto E1, E3, E10 y E11 presentaron la presencia de coniformes fecales. Las estaciones E4 y E12 rebasaron los límites establecidos por la en la Norma Oficial Mexicana con 500 y 280 coliformes fecales NMP/100 ml (Tabla 1).

VII.4 Interpretación de los resultados

Los sucesos del mes de septiembre fueron a causa de las escorrentías causadas por la primera lluvia torrencial del año provocada por el huracán Henriette. El muestreo se efectuó dos días después del mencionado evento, por consiguiente las concentraciones de coliformes fecales no son atribuibles a impactos de origen antropogénico sino más bien a las escorrentías pluviales. La concentración de bacterias de la estación E4 a la E5 se reduce en un 95%, esto puede deberse a

que *E. coli* reduce en un 90% su abundancia a la hora de haber entrado en contacto con el agua de mar y esto es debido principalmente al shock osmótico al entrar al medio marino, a la dilución, la sedimentación y a la muerte de las bacterias (Droop y Jannasch, 1997). Se presentó una reducción en el número de bacterias de la estación 4 a la 5 dentro del orden de 95%; de la 4 a la 6 en el orden del 99%.

La presencia de bacterias ha sido reportada anteriormente en la zona por Camacho-Valenzuela (1996), cuando la planta municipal de tratamiento de aguas negras estaba trabajando en una forma poco eficiente, durante el periodo, el problema solo lo detectamos en un mes (septiembre) y en las estaciones aledañas a la zona desbordamiento de aguas excedentes de la planta de tratamiento de aguas negras de la ciudad. En trabajo anteriormente mencionado, se presentan resultados de julio de 1989 a marzo de 1992: alcanzando valores de hasta 26,000 coliformes fecales NMP/100 ml; de abril a junio de 1993 (valores de hasta 6,100 coliformes fecales NMP/100 ml) y de noviembre de 1995 a enero de 1996 (valores de hasta 2,400 coliformes fecales NMP/100 ml), época en que se vertían las aguas negras hasta finales de 1992. A partir de 1993 no se vierten aguas negras a la Ensenada, para este último periodo reporta un promedio máximo en la descarga municipal de 997 coliformes fecales NMP/100 ml y en las demás estaciones los valores están por debajo de los 23 coliformes fecales NMP/100 ml concluyendo que las aguas son aptas para uso recreativo en contacto indirecto u ocasional de acuerdo a los criterios de Camacho-Valenzuela (1996).

El mes de agosto los valores presentados en las estaciones E9 y E11 fueron ocasionados por la resuspensión de sedimentos, por las obras de dragado en el canal de acceso frente el mogote y como la marea estaba en reflujo, las bacterias se concentraron en la estación 11 donde se hace una zona de turbulencia.

El mes de diciembre tuvo un patrón similar al de septiembre a causa de las lluvias del mes aunque de baja intensidad.

La estación del “Taste” (E12) se implementó en el mes de septiembre con la intención de evaluar si había presencia de bacterias coliformes por su cercanía al

carcamo de rebombeo de aguas negras del centro de la ciudad, lo cual resultó positivo en todos los meses de muestreo, aunque en bajas concentraciones.

VII.5 Conclusiones

- Durante los meses de julio, agosto, octubre, noviembre de 2007 y enero de 2008 las aguas fueron aptas para uso recreativo en contacto indirecto u ocasional en todas las estaciones.
- Durante los meses de septiembre y diciembre o más bien durante la temporada de lluvias, se ven impactadas las estaciones E4, E5, E6 y E7 aledañas al área de desbordamiento de la planta de tratamiento de aguas negras. Por lo antes expuesto concluimos que este impacto no es de origen antropogénico, sino más bien a la temporada de lluvias.

VII.6 Referencias

Camacho Valenzuela, Miguel Ángel. 1996. “Curso de titulación: Conservación de sistemas costeros. “Estudio de contaminación bacteriológica del cuerpo de agua de la ensenada de La Paz”. Tesis de licenciatura, UABCS. La Paz B.C.S., México. 82 pp.

Cortés Lara, Maria del Carmen. 2003. Importancia de los coliformes fecales como indicadores de la contaminación en la franja Litoral de Bahía Banderas, Jalisco-Nayarit. Rev Biomed vol. 14 /No. 2/ Abril- Junio, 2003. 121-123 pp.

Droop, M.R. and Jannassch H.W. 1997. Advances in aquatic microbiology. Vol. 1. Academic Press. USA. 334-344.

NOM-003-ECOL-1997. Norma Oficial Mexicana publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de septiembre de 1998.

POY-NMX-AA-042-SCFI-2005. Determinación de la calidad del agua por el número más probable (NMP) de coliformes totales, fecales (termotolerantes) y *Escherichia coli*.

TABLA 1. Datos de la cantidad de coliformes en las estaciones muestreadas en julio a diciembre de 2007 y enero de 2008 en la ensenada de Aripez. Los números se reportan como el Número Más Probable en 100 ml.

			Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
Estación	Longitud	Latitud	CT	CF	CT	CF	CT	CF	CT	CF	CT	CF	CT	CF
1	560534	2667274	2	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0
2	560534	2669374	2	0	0	0	400	43	0	0	0	0	28	22
3	560534	2671474	2	0	0	0	75	43	0	0	0	0	0	0
4	563234	2667574	2	0	0	0	240000	240000	0	0	7	5	900	500
5	565634	2668474	0	0	0	0	14000	14000	0	0	0	0	300	170
6	564734	2670274	2	0	0	0	2400	1400	0	0	1	1	54	11
7	567449	2671477	0	0	0	0	4600	4600	0	0	1	1	11	7
8	569834	2673274	2	0	0	0	75	75	1	1	2	2	54	17
9	570434	2675074	2	0	8	2	30	30	0	0	1	1	35	24
10	567734	2675074	0	0	0	0	93	43	0	0	0	0	0	0
11	569717	2678447	0	0	240	240	210	210	0	0	1	0	0	0
Taste 12	568853	2671839					1100	150	3	3	92	92	280	280

2025

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL. PUNTA LA PAZ



Anexo 4.5

INFORME FINAL DE MODELACIONES NUMÉRICAS

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE ACUÍFEROS Y AMBIENTE
[redacted]
HIDROGEÓLOGOS CONSULTORES

INFORME FINAL

ESTUDIO DE MODELACIÓN NUMÉRICA DE 6 ESCENARIOS DE PLUMA DE DISPERSIÓN PARA LA DESCARGA DE LA PLANTA DESALADORA DEL PROYECTO LA PAZ, B.C.S.

Hermosillo, Sonora 14 de julio de 2025

[redacted]

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 5

2. JUSTIFICACIÓN DEL ANÁLISIS CON MODELOS NUMÉRICOS. 6

3. UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO. 6

4. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS EN LA ZONA DE ESTUDIO DEL PACÍFICO CENTRAL MEXICANO Y LA ZONA DE ESTUDIO. 10

4.1 Variables oceanográficas en la Bahía de la Paz y la zona de estudio. 11

5. METODOLOGÍA 19

a. Factores de entrada al modelo. 20

b. Configuración de la malla, modelo de elevación digital y escenarios a simular. . 23

c. Modelaciones de 6 escenarios..... 33

d. Caracterización hidrodinámica del comportamiento de la pluma de alta densidad (agua de rechazo de la PDOI). 37

e. Resultados..... 39

f. Evaluación de los sitios ideales para la toma y descarga de la PDOI y aspectos que influyen en la toma de decisión. 41

g. Consideraciones finales de los resultados de modelación de escenarios de la etapa 1 y preparativos para la modelación de la etapa dos y completar el ciclo anual. 58

6. CONCLUSIONES. 60

7. RECOMENDACIONES. 61

a. Programa periódico de monitoreo ambiental..... 62

8. BIBLIOGRAFÍA 64

Lista de Figuras

Figura 1.- Bahía de La Paz y zona adyacente del Golfo de California. 6
Figura 2.- Ubicación del Proyecto Punta La Paz. 7
Figura 3.- Perímetro del APFF Balandra. 8
Figura 4.- Áreas del Plan de Manejo del Tiburón Ballena. 9
Figura 5.- Esquema de la circulación durante la formación de remolinos debido a las contracorrientes en la entrada al golfo de California. En (a) se presenta la formación de remolinos anticiclónicos (A y B). En (b) se presenta la generación de un remolino ciclónico (caso menos común). CGC, corrientes del golfo de California; CC, corriente de California; y CCM, corriente costera mexicana. Tomado de 10
Figura 6.- Velocidades geostróficas durante (a) mayo, (b) julio, (c) octubre 2001 y (d) febrero 2002 como resultado de la diferenciación en la anomalía de altura dinámica relativa a 50 m. El grupo de estaciones se indican por los símbolos de color: negro es el conjunto oceánico, azul es el conjunto oceánico transicional y rojo es el conjunto costero. Tomado de: Sánchez-Velasco et al., 2006. 12
Figura 7.- Batimetría general de la Bahía de La Paz. Tomado de Zaytsev et al (2010). ... 13
Figura 8.- Año típico del comportamiento de la marea en la Bahía de La Paz, B.C.S (PREDMAR), la altura es esta en metros. 14
Figura 9.- Promedios mensuales de Temperatura Superficial del Mar (TSM) (◦C) y precipitación (mm), 1997-2004 (Modificado de Martinez-Florez et al., 2006). 16
Figura 10.- Batimetría y perfiles. 21
Figura 11.- Perfil de Caleta Bahía Falsa a la cota -24 m. 22
Figura 12.- Perfil de Punta Colorada a la Cota -24 m. 22
Figura 13.- Perfil de la cabeza de Estero Puerto Gato a la cota -13 m. 23
Figura 14.- A) Puntos batimétricos tomados de la carta GEBCO y mediciones puntuales mediante ecosonda. B) Modelo de elevación digital obtenido para Delft3D. 24
Figura 15.- Malla configurada sobre la Bahía de Pichilingue y estero Puerto Gato. 25
Figura 16.- Forzamiento de marea obtenido de FES2014. 27
Figura 17.- Puntos I al VI ubicados alrededor de Punta Colorada. 32
Figura 18.- Captura de pantalla de modelación PI. 33
Figura 19.- Captura de pantalla modelación PII 34
Figura 20.- Captura de pantalla de modelación PIII. 34

Figura 21.- Captura de pantalla de modelación PIV. 35
Figura 22.- Captura de pantalla de modelación PV. 35
Figura 23.- Captura de pantalla de modelación VI. 36
Figura 24.- Salinidad vs distancia desde el punto de salida de agua de alta densidad..... 40
Figura 25.- Área de playa El Tesoro, lado norte del proyecto..... 41
Figura 26.- Distancias de los sitios geográficos de evaluación de escenarios (PI a PVI) al extremo de Punta Colorada. 42
Figura 27.- Vectores de corriente en dirección Sureste-Noroeste al sur de Punta Colorada. 43
Figura 28.- Vectores de velocidad en el fondo en ascenso hacia los esteros. 44
Figura 29.- Vectores de corrientes de fondo descendiendo de la Bahía de Pichilingue, Caleta Falsa y Estero Puerto Gato..... 45
Figura 30.- Escenario de descarga primavera-verano para el sitio PI. 47
Figura 31.- Escenario de descarga primavera-verano para el sitio PII. 47
Figura 32.- Escenario de descarga primavera-verano para el sitio P III. 48
Figura 33.- Escenario de descarga primavera-verano para el sitio P IV 49
Figura 34.- Escenario de descarga primavera-verano para el sitio P V 50
Figura 35.- Escenario de descarga primavera-verano para el sitio P VI 51
Figura 36.- Embarcación cerca de la playa El Tesoro Escondido. 54
Figura 37.- Captura de pantalla de simulación en Punto III 55
Figura 38.- Captura de pantalla de simulación en Punto I 57

Lista de Tablas

Tabla 1.- Variables de entrada para el modelo numérico de 6 escenarios. 28
Tabla 2.- Variables y valores por default utilizados durante las simulaciones de Delft3D. 30
Tabla 3.- Coordenadas de los sitios para modelación de la descarga. 32
Tabla 4.- Factores clave que influyen en la dilución: 38
Tabla 5.- Comparativa de ventajas y desventajas de los sitios modelados 53

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto turístico Punta La Paz, promueve su desarrollo turístico que requiere un volumen de abastecimiento de agua salina que, originalmente exploró la posibilidad de extraerla por medio de pozos playeros en el predio de su propiedad. Sin embargo, se aprecian dos limitantes al respecto para su uso:

(a) El estudio hidrogeológico de IDEAS (marzo, 2025) definió una baja capacidad hidráulica del medio acuífero que requeriría al menos de 8 a 10 pozos para sostener una extracción de agua subterránea del orden de 30 L/s, sin importar su calidad,

(b) Dado que la autoridad del agua (Conagua) considera como agua subterránea de un mismo acuífero administrativo todo volumen almacenado en el subsuelo al interior de la superficie del polígono de ese acuífero, sin diferenciar su calidad, por tanto, dado que este acuífero administrativo está sobre explotado, se prohíbe adicionar cualquier extracción. En conclusión, esta posibilidad de abastecimiento resultó técnica y administrativamente nula.

En atención a ello, IDEAS propuso al proyecto considerar un cambio en sus áreas de inversión y abastecimiento, con la construcción de su propia planta desaladora que aseguraría el abastecimiento de agua a largo plazo y, certificando que habrá un buen funcionamiento de las instalaciones, soportado por un estudio oceanográfico inicial que lo sustente, así como su monitoreo permanente. Lo anterior, toma como base que, en Baja California Sur, cada desarrollo debe abastecer con sustentabilidad sus necesidades de agua sin afectar a un medio vulnerable.

Cabe mencionar que previamente la autorización para el proyecto punta La Paz ha sido negada por la SEMARNAT debido entre otras razones a que en la descripción de la MIA no se realizó una demostración técnica y soportada en cuanto a investigación del área.

Por tanto, en el seguimiento de esta investigación del medio marino para llevar a cabo la toma y descarga del agua salina para el proyecto, se tiene como meta demostrar que las descargas de salmuera provenientes de una planta desaladora no causarán efectos adversos e irreversibles en el ecosistema de manglar adyacente al área del proyecto.

2. JUSTIFICACIÓN DEL ANÁLISIS CON MODELOS NUMÉRICOS.

Para sustentar lo anterior, se realizaron estudios base que en este trabajo se enfocan en la ubicación de las obras de toma y descarga de una planta desaladora. El proyecto tiene por meta contar con los análisis de las condiciones oceanográficas del sitio alrededor del área de desarrollo del proyecto, con el fin de demostrar mediante el uso de modelos numéricos que la descarga de agua proveniente de la planta desaladora no afectará a los manglares que se ubican al sur y al norte del proyecto.

3. UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO.

En la ***Figura 1*** se observa **la macro** localización del área donde se sitúa el proyecto Punta La Paz. El área al sur de la bahía abarca un banco de arena saliente, unido por un extremo a tierra firme y que se extiende aproximadamente 12 km paralelo a la boca de la bahía, conocido como el banco de arena El Mogote ***Figura 1***. La formación natural de este banco de arena ha creado prácticamente dos cuerpos de agua separados: la bahía principal y la ensenada o laguna conocida como la Ensenada de la Paz (León-de la Luz et al., 2006). La hidrodinámica de estos dos cuerpos de agua influye en las corrientes que se forman en el área de estudio del proyecto La Paz, que se ubica al sur de la Bahía de Pichilingue.

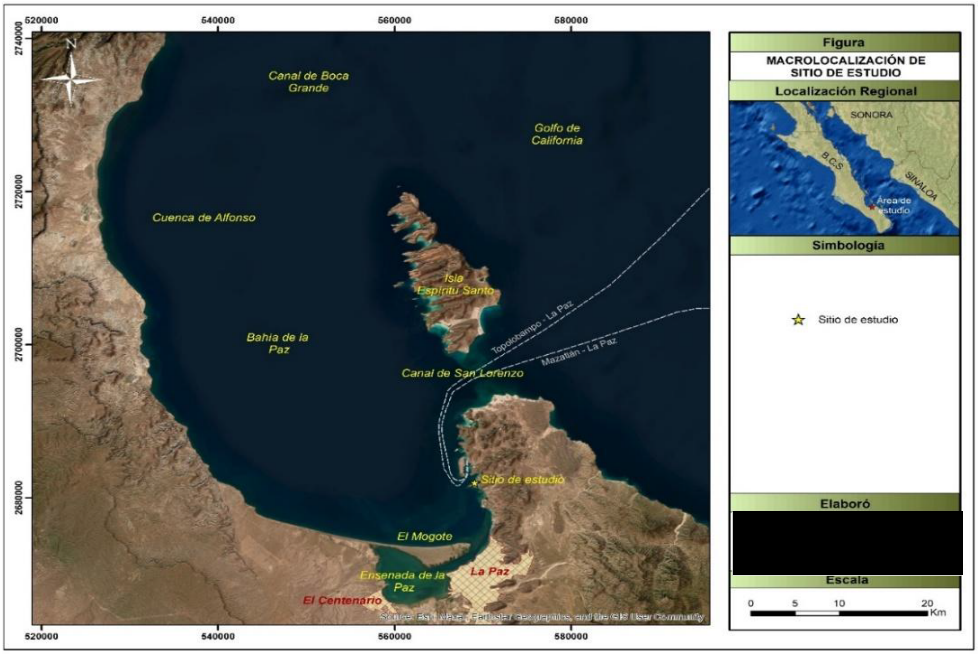


Figura 1.- Bahía de La Paz y zona adyacente del Golfo de California.

En específico, geográficamente el proyecto Punta La Paz se encuentra en la costa este de la Bahía de la Paz y al sur de la Bahía y Puerto de Pichilinge (***Figura 2***).

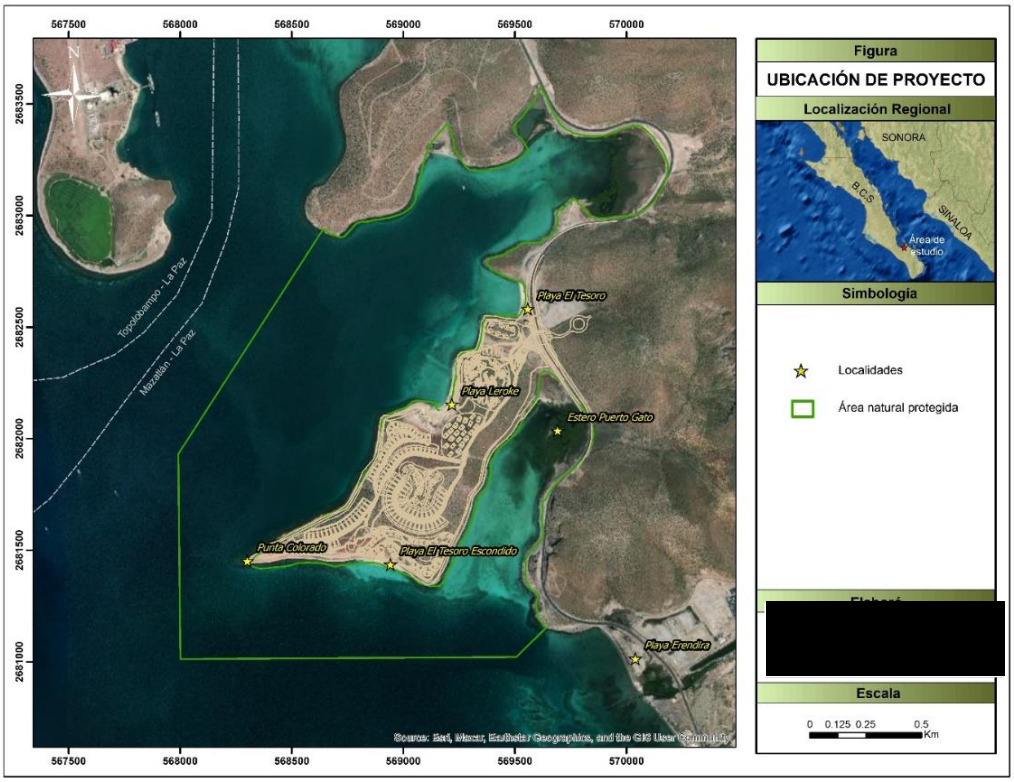


Figura 2.- Ubicación del Proyecto Punta La Paz.

La ubicación de Punta La Paz tiene una característica muy especial determinada por estar rodeada de una de las Áreas marítimas del Área de Protección de Flora y Fauna Balandra (APFFB). (***Figura 3***).

Debido a la importancia del APFF de Balandra, se ha considerado la zona de interés de Balandra que rodea al polígono del proyecto en el análisis de este estudio, tomando en cuenta las indicaciones señaladas en su Plan de Manejo para todas las consideraciones de las modelaciones de este estudio.

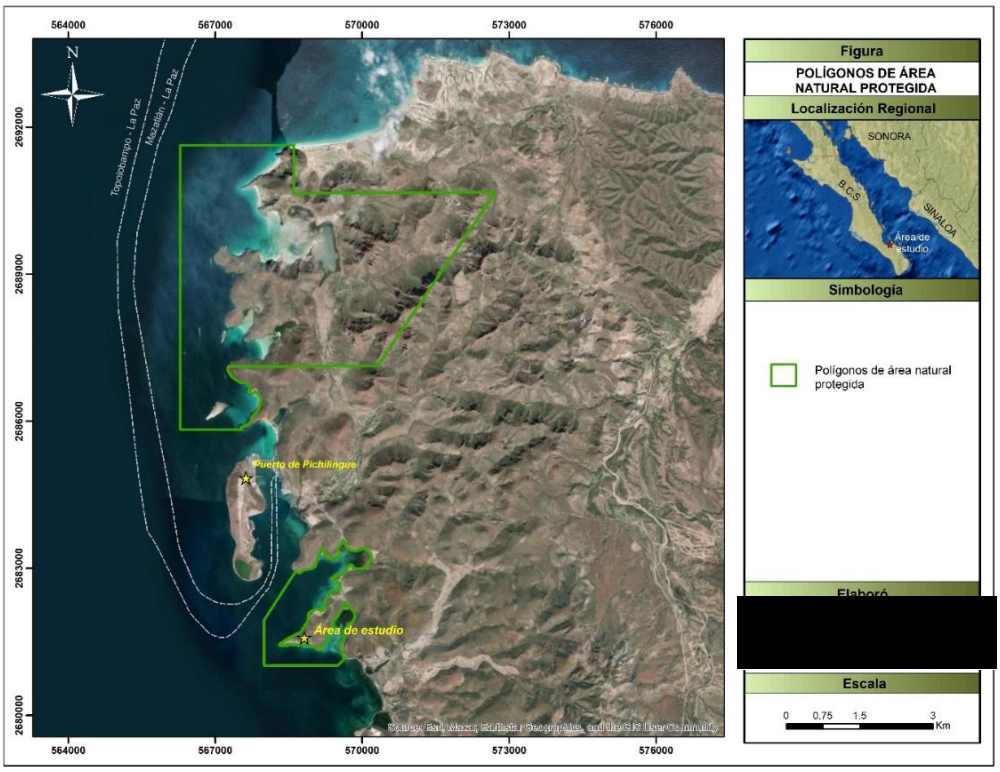


Figura 3.- Polígonos del APFF Balandra.

Otra consideración de gran relevancia para la ubicación de los sitios a modelar en este trabajo es que el área marina adyacente a la zona del APFF de Balandra está clasificada como zona III del Plan de Manejo del Tiburón Ballena *Rincodon typus*, especie protegida por leyes nacionales e internacionales. (**Figura 4**).

La gran importancia que tiene la conservación de las especies como el tiburón ballena se identifica claramente en su Programa de Acción para la Conservación de la Especie *Rhincodon typus*. (PACE), SEMARNAT, 2018.

En el PACE se describen las condiciones ambientales privilegiadas de la Bahía de La Paz, que es hábitat visitado cada año por el pez más grande del mundo, que puede alcanzar tallas hasta los 20 metros de largo. Debido a su tamaño y a su docilidad ya que se alimenta de especies planctónicas, no representa riesgo para los humanos.

El PACE especifica el área de aprovechamiento del tiburón ballena, aprovechamiento turístico dado que está prohibida su pesca por las leyes mexicanas.

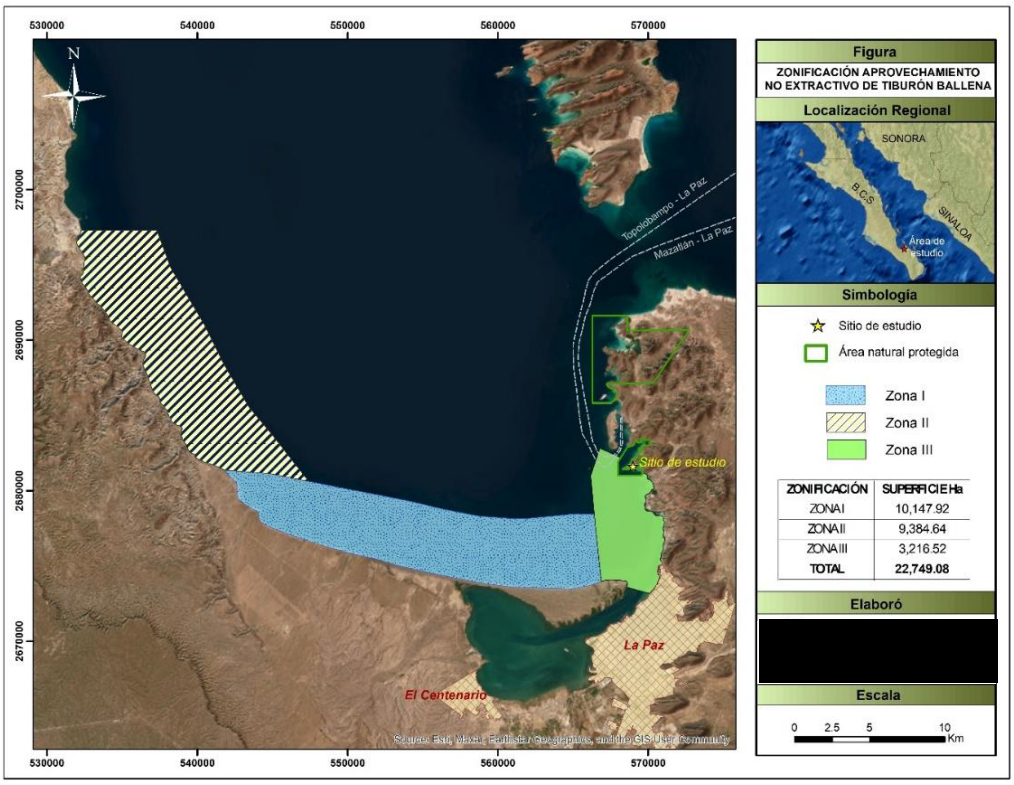


Figura 4.- Áreas del Plan de Manejo del Tiburón Ballena.

En la **Figura 4** se observa a detalle las tres zonas del Plan de Manejo para la Conservación y aprovechamiento no extractivo del tiburón ballena (*Rhincodon typus*), (PMCANE) a través de la observación y nado en la Bahía de La Paz, B.C.S..SEMARNAT, 2021.

Dada la cercanía de la zona III se deberán tomar todas las precauciones especificadas en el PMCANE del Tiburón ballena, ya que esta zona forma parte de la zona de aprovechamiento de esta especie.

Específicamente el PMCANE del Tiburón ballena registra que la Zona III será considerada parte del área de tránsito de embarcaciones y no se permite realizar actividades de observación y nado con TB. La velocidad de navegación en caso de presencia de TB, será de máximo 3 nudos (5.5 km/h).

Para las modelaciones de este estudio se han tomado en cuenta las indicaciones señaladas en PMCANE.

4. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS EN LA ZONA DE ESTUDIO DEL PACÍFICO CENTRAL MEXICANO Y LA ZONA DE ESTUDIO.

Circulación superficial.

La dinámica oceánica en la sección sur oeste del Golfo de California se caracteriza por las estructuras de mesoescala, como los remolinos y los jets, que han sido descritos mediante observaciones hidrográficas y estructuras de deriva (Trasviña et al. 2003)

La ***Figura 5*** muestra esquemáticamente dos modos de circulación, donde se observa esquemáticamente como las corrientes del Golfo de California alternan los flujos de entrada y salida en el lado oriental y occidental de la boca.

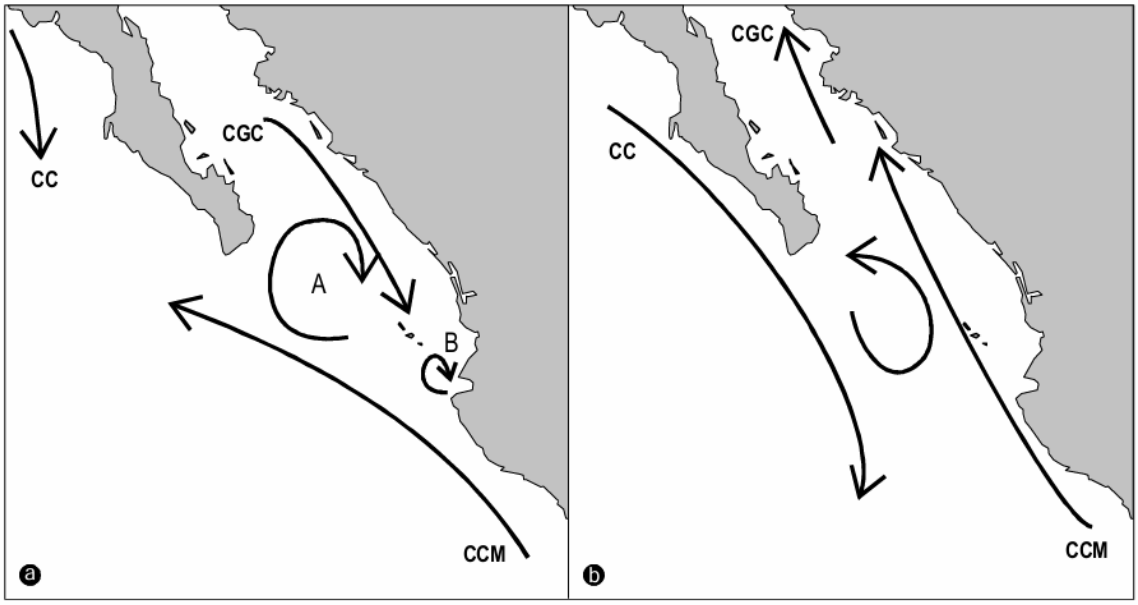


Figura 5.- Esquema de la circulación durante la formación de remolinos debido a las contracorrientes en la entrada al Golfo de California. En (a) se presenta la formación de remolinos anticiclónicos (A y B). En (b) se presenta la generación de un remolino ciclónico (caso menos común). CGC, corrientes del Golfo de California; CC, corriente de California; y CCM, Corriente Costera Mexicana. Tomado de Pantoja, D.A. et al. 2012.

Pantoja, D.A., et al., en 2012, describieron esta alternancia de los flujos de entrada y salida en la región. En su trabajo se describe la variabilidad de la circulación del Pacífico Central Mexicano (PCM) -zona alrededor de la entrada al Golfo de California-, entre los 15º N -al sur de Cabo Corrientes y 25º N -al norte de Cabo San Lucas- está dominada por la escala semianual y la mesoescala. La corriente de California (CC) varía en su excursión de

norte a sur, mientras que la Corriente Costera Mexicana (CCM) algunas veces ingresa al Golfo de California y otras no lo hace; cuando entra al golfo, lo hace por el lado continental y se continua junto con la corriente del Golfo de California (CGC), cuando no ingresa al golfo se extiende hacia cabo San Lucas.

Las corrientes de mesoescala se refieren a estructuras de circulación oceánica que son más pequeñas que las corrientes oceánicas a gran escala (como la Corriente de California o la Corriente Costera Mexicana), pero más grandes que los remolinos y flujos turbulentos de pequeña escala. En la entrada del Golfo de California, los fenómenos de mesoescala más notables son los remolinos o giros oceánicos (ciclónicos y anticiclónicos) y los filamentos.

Los eventos como El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) también pueden afectar la variabilidad oceanográfica de mesoescala en el PCM.

En general, los movimientos inducidos por la marea juegan un papel muy importante en el Golfo de California (Lavin y Marinone, 2003).

4.1 Variables oceanográficas en la Bahía de la Paz y la zona de estudio.

La dinámica de circulación de mesoescala opera en escalas espaciales de decenas a cientos de kilómetros y temporales de días a meses. En la zona del Pacífico Central Mexicano (PCM) alrededor de la entrada al Golfo de California (GC) las variaciones son continuas, y por ello es más complejo describir las condiciones oceanográficas; es decir, las temperaturas y salinidades de las masas de agua varían constantemente en rangos inducidos por las condiciones oceanográficas y atmosféricas.

La región de la Bahía de La Paz, adyacente a la región Occidental de la entrada del Golfo de California, no es la excepción a los patrones descritos anteriormente. Sus condiciones oceanográficas varían constantemente cada año y cada estación, dado que recibe una gran influencia de las aguas adyacentes del Golfo de California debido al intercambio continuo de las masas de agua.

i. Corrientes.

Sanchez-Velazco et al. en 2006 describieron la distribución espacial de las velocidades superficiales geostróficas de las corrientes, como se muestra en la ***Figura 6***.

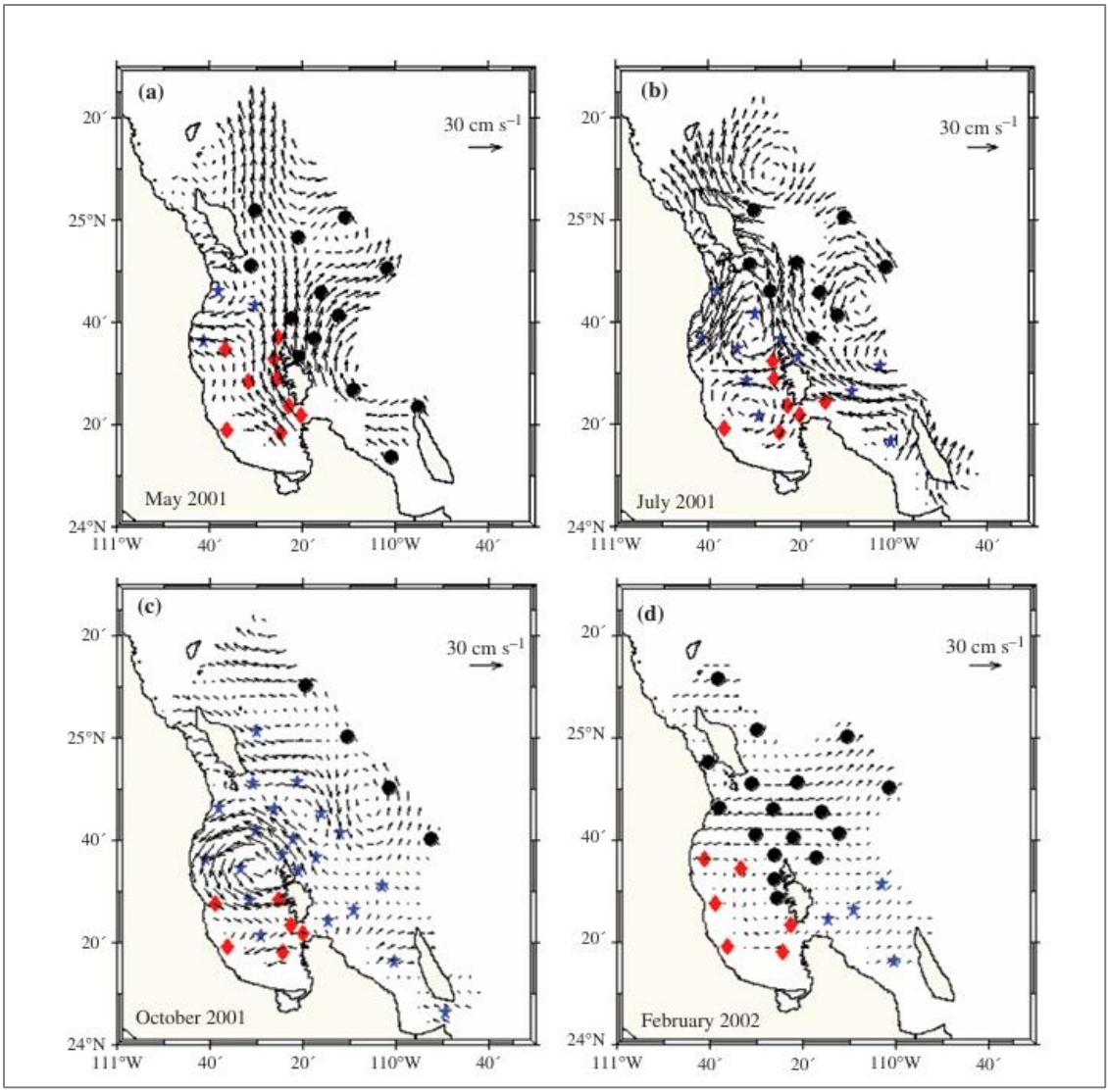


Figura 6.- Velocidades geostróficas durante (a) mayo, (b) julio, (c) octubre 2001 y (d) febrero 2002 como resultado de la diferenciación en la anomalía de altura dinámica relativa a 50 m. El grupo de estaciones se indican por los símbolos de color: negro es el conjunto oceánico, azul es el conjunto oceánico transicional y rojo es el conjunto costero. Tomado de: Sánchez-Velasco et al., 2006.

En el sector norte de Bahía de La Paz, la circulación es ciclónica durante julio (***Figura 6***b) y octubre (***Figura 6***c). La circulación ciclónica puede ser representada por un vórtice que conecta la bahía del norte con el golfo adyacente. Durante julio, la mitad de este giro se encuentra fuera de la bahía, pero en octubre, el centro del giro está casi en su centro. En el sector sur de la bahía, las velocidades geostróficas en julio y octubre son más débiles que las del área norte, y no fue posible distinguir un patrón claro de circulación, pero se sugiere una circulación anticiclónica débil en julio. En toda la bahía, la circulación geostrófica durante febrero (***Figura 6***d) es débil, y solo hay una conexión dinámica muy débil

con la circulación en el golfo adyacente. Durante mayo (***Figura 6***a), el intercambio de agua entre el golfo y la Bahía de La Paz también es débil y está restringido a un pequeño giro anticiclónico cerca de Punta Mechudo, hacia el lado occidental de la Boca Norte.

ii. Batimetría.

La Bahía de la Paz presenta un gradiente batimétrico con regiones relativamente someras a lo largo de la costa, menores a 50 m. Las áreas en las porciones septentrionales albergan partes considerablemente más profundas e incorporan la región profunda de la bahía, conocida como Cuenca Alfonso (**Figura 7**), que supera los 400 m. Zaytsev et al (2010)

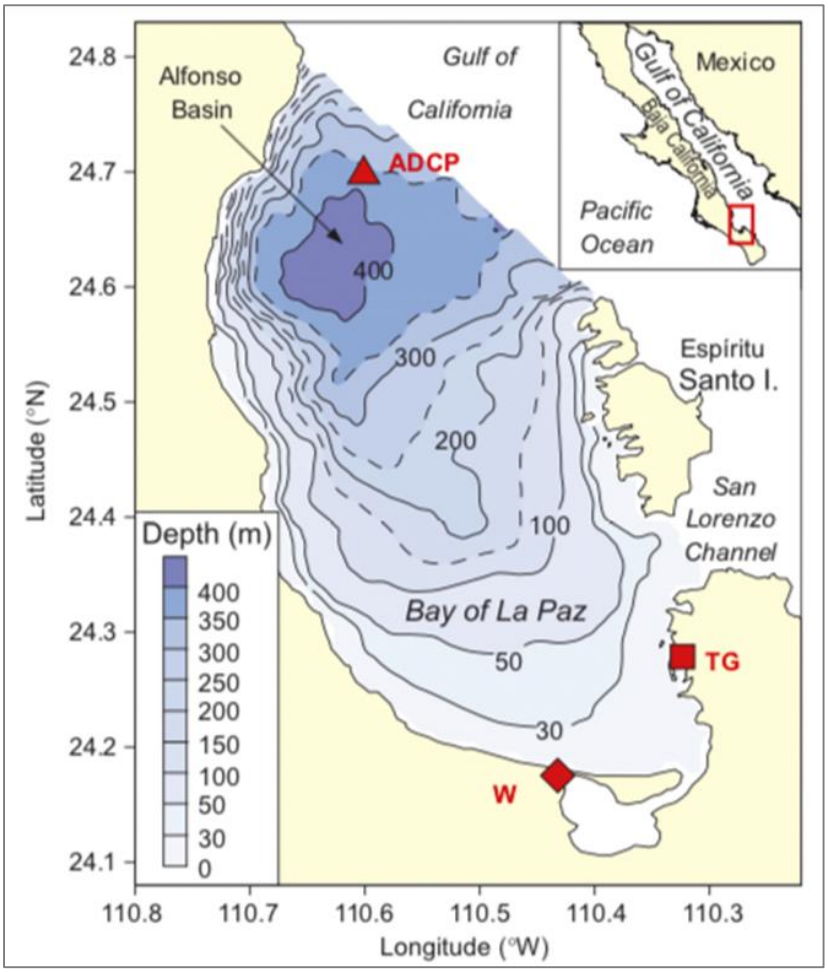


Figura 7.- Batimetría general de la Bahía de La Paz. Tomado de Zaytsev et al (2010).

Zaytzev, O et al en 2010, mostraron que las corrientes en la Bahía de La Paz presentaron un patrón de variabilidad del flujo dominado por los movimientos de las mareas, que representaron el 43% (33% diurno, 10% semidiurno) del total de la energía cinética.

Las oscilaciones de las mareas tenían una estructura vertical pronunciada dominada dentro de una capa superficial poco profunda (los primeros 30m), además esta capa presentaba rotaciones en sentido antihorario, que eran altamente coherentes con la dirección de la brisa marina.

iii. Nivel del mar.

El nivel del mar sigue un ciclo anual sincronizado con la TSM, mostrando anomalías negativas en invierno-primavera y positivas en verano-otoño, un comportamiento influenciado por las variaciones en la columna de agua y la conexión con el Océano Pacífico a través de la boca del Golfo. La **Figura 8** representa un año normal (típico) de mareas procesada por el modelo de predicción de mareas (PREDMAR, 2020):

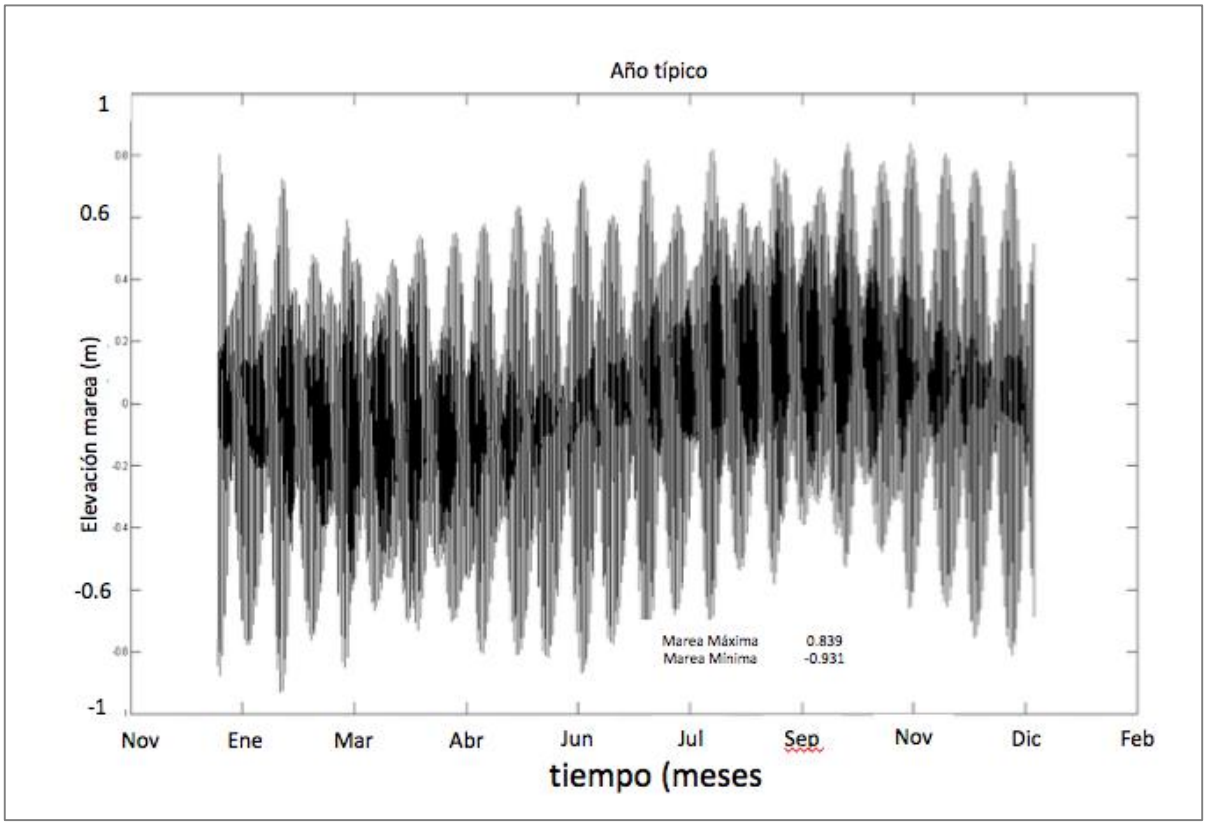


Figura 8.- Año típico del comportamiento de la marea en la Bahía de La Paz, B.C.S (PREDMAR), la altura es esta en metros.

iv. Viento

La PBL (Planetary Boundary Layer) corresponde al primer kilómetro de la superficie del planeta. En las costas, la PBL es afectada principalmente por las variaciones diurnas de las diferencias de temperatura tierra-mar, lo que origina el conocido sistema de brisas.

Se puede decir que en todas las costas se presenta, pero es más evidente en los trópicos y subtrópicos (como lo que ocurre en La Bahía de La Paz, BCS, México.) (Chiba 1993; Gille et al. 2003 ; Hunter et al. 2007 ; Zhang et al. 2009 ; Muppa et al. 2012).

La circulación superficial responde a los vientos estacionales, induciendo giros ciclónicos bajo la acción de los vientos del noroeste y anticiclónicos con la influencia de los vientos del sureste.

v. Temperatura

La intensidad y frecuencia de las corrientes de mesoescala tienen una fuerte **variabilidad estacional**, influenciada por los cambios en los patrones de viento y las corrientes oceánicas a gran escala. Por ejemplo, en el Golfo de California, se ha observado que la variabilidad de temperatura es mayor en la escala anual, mientras que la de salinidad y velocidad es más pronunciada en la escala semianual y de mesoescala.

La temperatura y la salinidad superficial exhiben una distribución espacial y temporal relativamente homogénea. La temperatura superficial del mar (TSM) describe un ciclo anual bien definido por la acción de los vientos, experimentando un enfriamiento durante el invierno y la primavera (21-24 ◦C) bajo la influencia de los vientos del noroeste y una menor radiación solar, en cambio, en verano y otoño hay un calentamiento (27-31 ◦C) asociado a vientos del sureste y una mayor insolación.

Al comparar la variación de la TSM con la precipitación, (ver ***Figura 9***) se observa que en septiembre se alcanzan los valores máximos de ambos parámetros, mientras que, de marzo a junio, cuando ocurre el incremento lineal de la TSM, la precipitación es inexistente. Las lluvias de verano, vinculadas a temperaturas superficiales elevadas y actividad convectiva, son las más variables y susceptibles a la influencia de los huracanes, en contraste con las escasas precipitaciones invernales.

En septiembre el incremento en la precipitación es consecuencia de la presencia de huracanes en la zona. En el período de 1997 a 2004 ocurrieron seis huracanes de los cuales cinco fueron en el mes de septiembre y uno en agosto. (Martínez Flores et al., 2006)

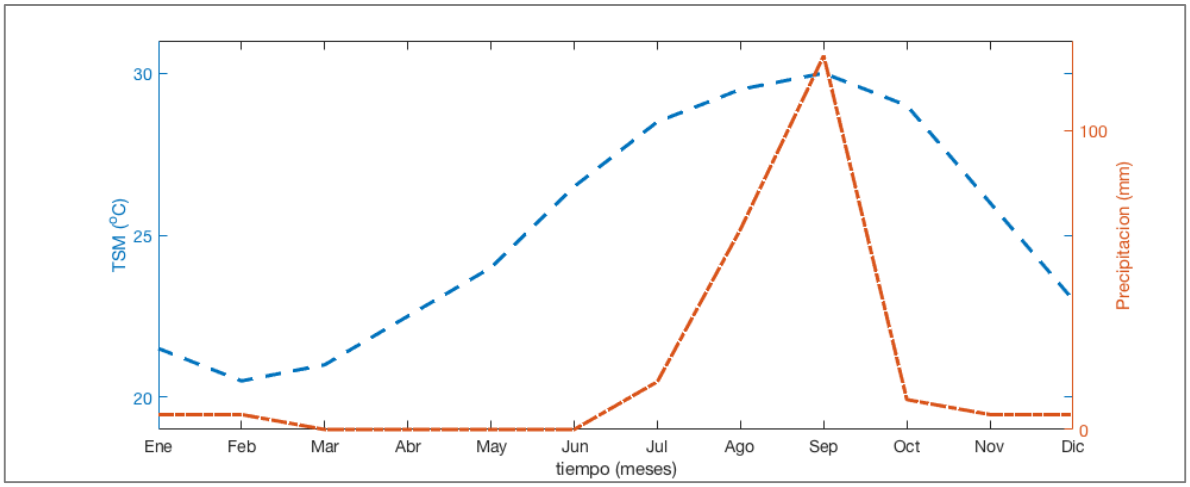


Figura 9.- Promedios mensuales de Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C) y precipitación (mm), 1997-2004 (Modificado de Martinez-Flores et al., 2006).

vi. Salinidad

La salinidad es un parámetro oceanográfico fundamental, cuya medición precisa es indispensable para comprender la compleja dinámica de los océanos y su papel en el sistema climático global. Junto con la temperatura, la salinidad determina la densidad del agua de mar. Esta densidad, a su vez, impulsa procesos locales y la circulación oceánica global, afectando directamente la transferencia de energía y el transporte de calor alrededor del planeta. La salinidad actúa como una variable de control fundamental para una vasta gama de procesos oceanográficos. Sus cambios, aunque a menudo sutiles, ocultan una profunda influencia en la estratificación oceánica, la mezcla vertical de nutrientes y calor, y la capacidad del océano para absorber y almacenar calor.

La necesidad de alta precisión en las mediciones de salinidad es imperativa para resolver sus variaciones típicamente pequeñas en los océanos, tanto en profundidad como a lo largo del tiempo, lo cual es esencial para los estudios climáticos. (Le Menn M. y Nair, R. 2022)

La salinidad, junto con la temperatura, es un factor determinante de la densidad del agua, lo que a su vez impulsa la circulación oceánica global, conocida como circulación termohalina. Esta circulación es vital para la regulación del clima terrestre, ya que transporta calor desde las regiones ecuatoriales hacia los polos y distribuye nutrientes por todo el océano.

La densidad del agua marina determina tanto la circulación, como la estratificación oceánica, que es la formación de capas de agua con diferentes densidades. El encuentro entre las masas de agua de boca del Golfo de California es un ejemplo claro de este fenómeno (ver ***Figura 5***). Esta estratificación influye en la mezcla vertical de nutrientes y calor, impulsa los fenómenos de surgencia y con ello tiene un impacto directo en la productividad de los ecosistemas marinos. La salinidad también condiciona los ecosistemas marinos al determinar la distribución, el comportamiento y la supervivencia de los organismos, desde el fitoplancton hasta los peces.

La Bahía de La Paz es un lugar fascinante y dinámico, y su salinidad es un reflejo de complejos procesos oceanográficos y atmosféricos. Experimenta variaciones estacionales significativas en su salinidad, influenciadas principalmente por la evaporación, la precipitación, el intercambio con el Golfo de California y la topografía local. En términos generales, la salinidad en la Bahía de La Paz se mantiene dentro del rango de las aguas oceánicas, pero con fluctuaciones notables entre estaciones.

Valores Típicos: La salinidad promedio en la Bahía de La Paz suele oscilar entre **34.0 y 35.5 Unidades Prácticas de Salinidad (UPS)**. Sin embargo, en un ciclo anual, podemos observar variaciones que superan ligeramente estos promedios.

vii. Variaciones Estacionales:

Primavera (Marzo - Mayo):

Durante la primavera, la salinidad tiende a ser **moderada**, generalmente alrededor de **34.5 a 35.0 UPS**. A medida que las temperaturas comienzan a subir, la evaporación aumenta, pero aún no alcanza los niveles máximos del verano. Hay un incremento gradual del intercambio con las aguas más cálidas del Golfo de California.

Verano (Junio - Septiembre):

Esta es la estación donde se observan las salinidades **más altas** y las variaciones más notables. La intensa radiación solar y las altas temperaturas del aire provocan una **evaporación significativa** en la superficie de la bahía. La falta de aportes de agua dulce sustanciales (ya que La Paz se encuentra en una zona árida con lluvias escasas) contribuye a este aumento.

Los valores pueden alcanzar entre **35.0 y 35.5 UPS**, e incluso superar las **36.0 UPS** en las zonas más someras y con menor recambio de agua, especialmente en el fondo de la bahía o en lagunas costeras adyacentes.

Otoño (octubre - noviembre):

Con la disminución gradual de la temperatura y la evaporación, la salinidad tiende a **disminuir ligeramente**. Los valores suelen situarse entre **34.5 y 35.0 UPS**. Puede haber un leve aumento en la frecuencia de frentes fríos o eventos de nortes que promueven la mezcla y el intercambio de agua con el golfo.

Invierno (diciembre - febrero):

Durante el invierno, las temperaturas son más bajas y la evaporación es mínima. La bahía recibe la influencia de masas de agua más frías y ligeramente menos salinas provenientes del Golfo de California.

La salinidad tiende a ser **la más baja del año**, generalmente en el rango de **34.0 a 34.5 UPS**. Ocasionalmente, eventos de "Nortes" (vientos fuertes del noroeste) pueden inducir surgencias que traen aguas más profundas y, a veces, ligeramente menos salinas a la superficie de la bahía, o bien promover una mezcla más intensa.

Factores Clave que Influyen en la Salinidad:

- **Evaporación:** El factor dominante en el aumento de la salinidad, especialmente en verano. La Bahía de La Paz es una cuenca relativamente cerrada, lo que acentúa este efecto.
- **Intercambio con el Golfo de California:** Las corrientes y la marea facilitan el flujo de agua entre la bahía y el golfo, influyendo en sus características.
- **Precipitación:** Dada la aridez de la región, el aporte de agua dulce por lluvia es limitado y suele tener un impacto menor en comparación con la evaporación, aunque eventos de huracanes o tormentas tropicales pueden causar disminuciones temporales y localizadas.
- **Aportes de Agua Subterránea/Superficial:** Muy limitados en esta región desértica, por lo que su influencia en la salinidad es mínima.

- **Batimetría Local:** Las zonas más someras o semi-cerradas dentro de la bahía pueden experimentar salinidades más altas debido a la evaporación concentrada.

Después del análisis general de las condiciones oceanográficas en la región occidental de la Boca del Golfo de California, se observa que las características de las masas de agua que entran a la Bahía de La Paz (BLP) son cambiantes en temporalidad estacional y anual, influidas directamente por: (a) Las corrientes de mesoescala en el PCM, (b) Las condiciones de la Bahía que es un cuerpo de agua relativamente cerrado y al mismo tiempo, con una comunicación muy amplia hacia las aguas del Golfo de Calfornia. (c) La batimetría de la región. (d) Las variaciones estacionales de temperatura, precipitación, evaporación, condiciones meteorológicas

Las variaciones de las masas de agua de la BLP determinan la variabilidad de los valores de salinidad y temperatura y en general las propiedades fisicoquímicas del medio, por consecuencia, las mismas variaciones se observan en el área de Punta La Paz dada su ubicación geográfica en el área este de la Bahía. Es claro que las condiciones oceanográficas en el área de la Bahía de La Paz influyen de manera determinante en las variables que se requieren para la modelación de los escenarios que se requiere para este estudio en Punta La Paz.

Los valores de temperatura y salinidad que se usarán para la modelación numérica de escenarios en este reporte técnico serán los característicos de la época de primavera-verano.

5. METODOLOGÍA

Calcular la distancia de dispersión de una pluma de descarga de una planta desaladora de ósmosis inversa es un problema complejo que requiere el uso de **modelos matemáticos de dispersión de efluentes marinos**. No existe una fórmula sencilla que pueda calcular directamente esta distancia con todos los parámetros que se deben tomar en cuenta para la complejidad que representa el entorno marino.

Los modelos matemáticos toman en cuenta la batimetría (configuración de fondo marino), las mareas, la estratificación de la columna de agua, las variaciones en las

corrientes que son estacionales, la temperatura del agua, la salinidad y otras variables que se describen más adelante.

Para resolver el problema, se eligió el modelo hidrodinámico Delft3D que cuenta con módulos acoplados de transporte, salinidad y turbulencia. Los factores que afectan la dispersión de una pluma de salinidad son numerosos e interdependientes.

En la sección anterior, se describieron de forma general, los parámetros oceanográficos que influyen en la zona de Punta La Paz y que se tomaron como base para la modelación de los 6 escenarios.

En esta sección se van a describir los factores de entrada al modelo considerados.

a. Factores de entrada al modelo.

i. Batimetría.

La batimetría para la configuración del modelo se obtuvo a partir de dos fuentes principales. Para la zona oceánica (profundidades mayores a 25 m), se utilizaron datos de la Carta Batimétrica General de los Océanos (GEBCO, 2020), con una resolución horizontal de 450 m. Para las regiones costeras (profundidades menores a 25 m), se emplearon datos puntuales recolectados mediante ecosonda (***Figura 10***, Fig. 5).

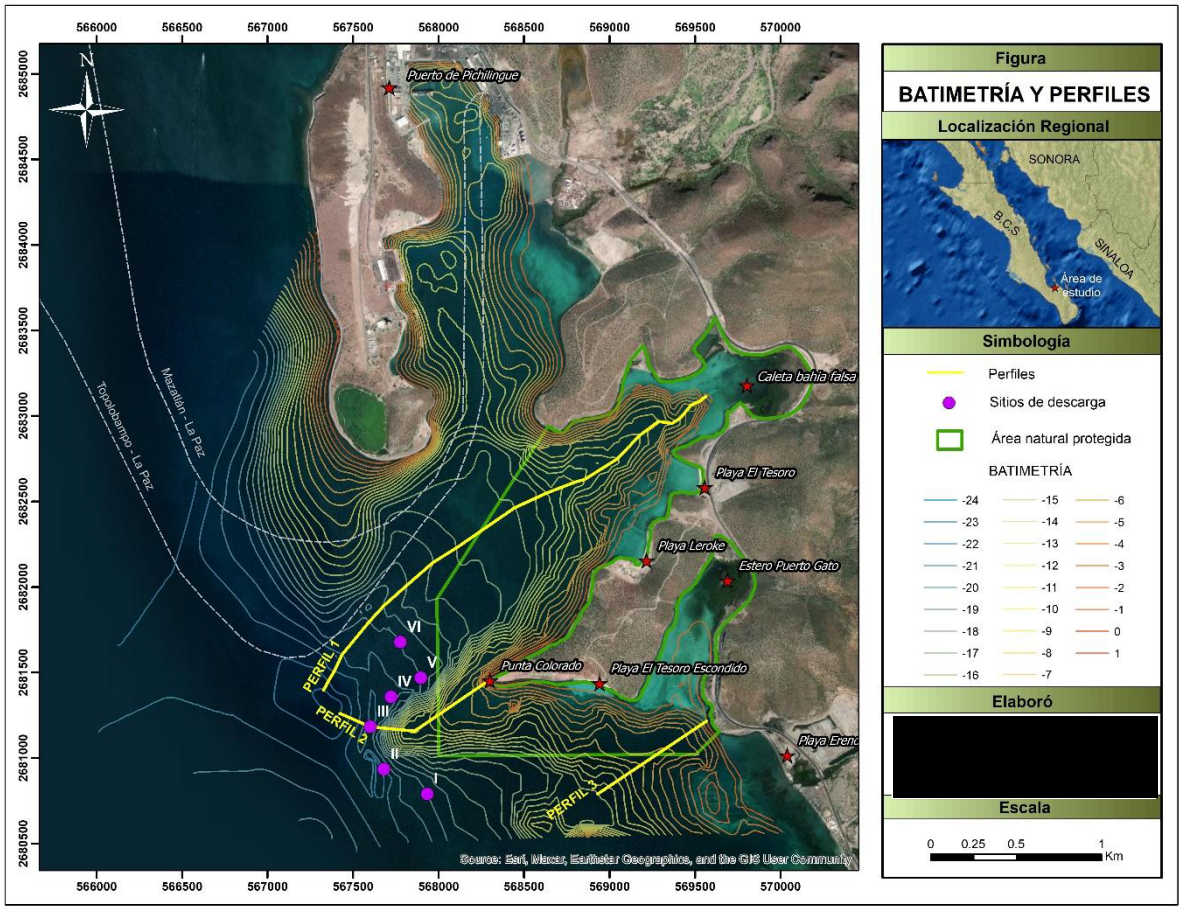


Figura 10.- Batimetría y perfiles.

Se graficaron los diferentes perfiles batimétricos del área de estudio; como parte del preanálisis para elegir los puntos para la modelación. En la ***Figura 11*** se presenta el perfil que va desde la cabeza de Caleta Bahía Falsa hasta el rango de los 24 metros de profundidad, en la ***Figura 12*** se observa el perfil que va desde Punta Colorada hasta la cota de 24 metros de profundidad, en la ***Figura 13*** se observa el perfil que va desde la punta oriental de la boca del Estero Puerto gato hasta los 13 metros de profundidad.

PERFIL 1

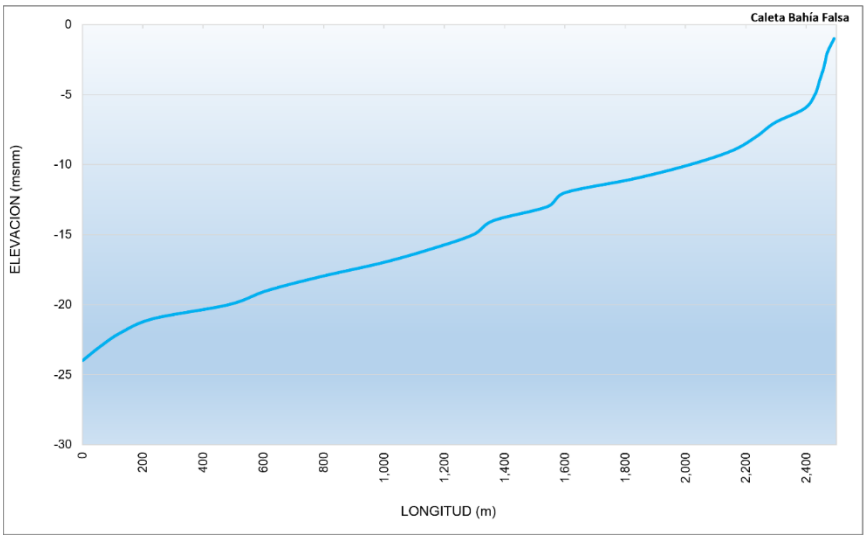


Figura 11.- Perfil de Caleta Bahía Falsa a la cota -24 m.

PERFIL 2

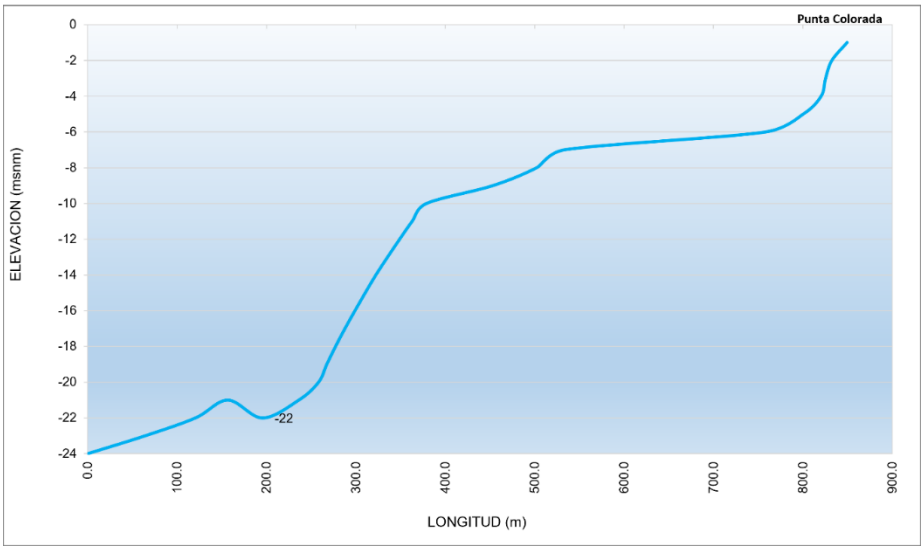


Figura 12.- Perfil de Punta Colorada a la Cota -24 m.

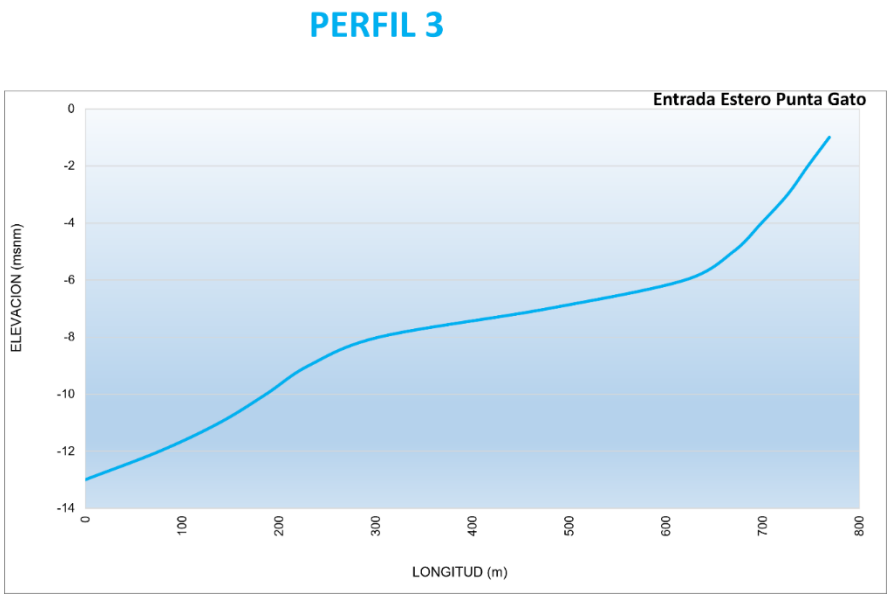


Figura 13.- Perfil de la cabeza de Estero Puerto Gato a la cota -13 m.

Como puede observarse en las figuras de perfiles de la batimetría, el perfil que sale de Punta Colorada es el que presenta la pendiente más abrupta hacia la cota de -20 metros de profundidad. La consideración de la forma del perfil y el ángulo de caída hacia la cota de 2º metros de profundidad es muy importante; dado que la pluma de descarga de agua de la Planta Desaladora de Osmosis Inversa (PDOI) será más densa que el agua de mar, debido a la salinidad que se estima 70 partes por mil (por ser agua con diferente densidad tiende a bajar por efecto de la gravedad).

b. Configuración de la malla, modelo de elevación digital y escenarios a simular.

En este estudio se utilizó el modelo numérico Delft3D para evaluar la circulación y la dilución de la pluma de salinidad generada por la descarga de salmuera proveniente de una planta desaladora propuesta para un desarrollo turístico en el Proyecto Punta La Paz, Baja California Sur. Se configuró una malla regional con resolución espacial de 20 metros, refinada hasta 5 metros en las zonas de descarga, y sobre esta se integró un modelo de elevación digital (MED) basado en datos batimétricos recolectados en campo.

Ambos conjuntos de datos fueron combinados para generar un Modelo de Elevación Digital (MED), referido al datum WGS 84, R12, representado en la ***Figura 14***.

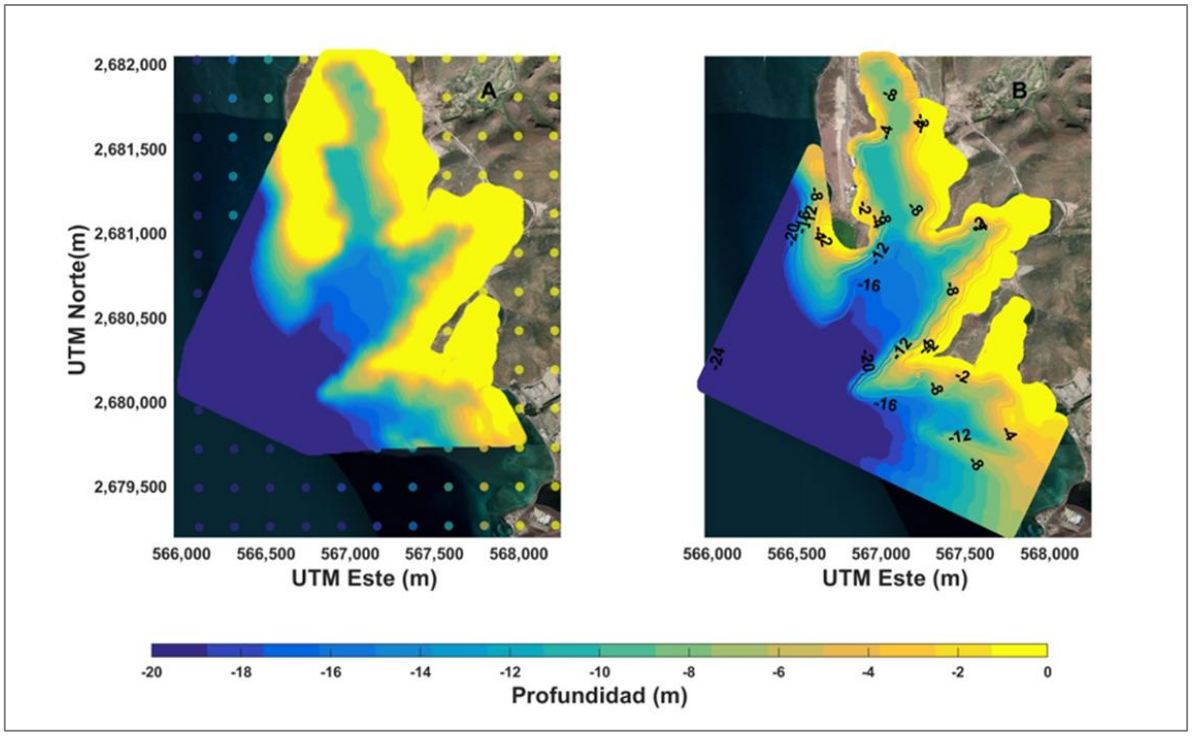


Figura 14.- A) Puntos batimétricos tomados de la carta GEBCO y mediciones puntuales mediante ecosonda. B) Modelo de elevación digital obtenido para Delft3D.

El Modelo de Elevación Digital fue proyectado sobre una malla computacional estructurada con resolución espacial variable: 20 m × 20 m en la mayor parte del dominio y 5 m × 5 m en las zonas cercanas a los puntos de descarga (***Figura 15***), con el objetivo de capturar adecuadamente los patrones de circulación del proyecto Punta La Paz

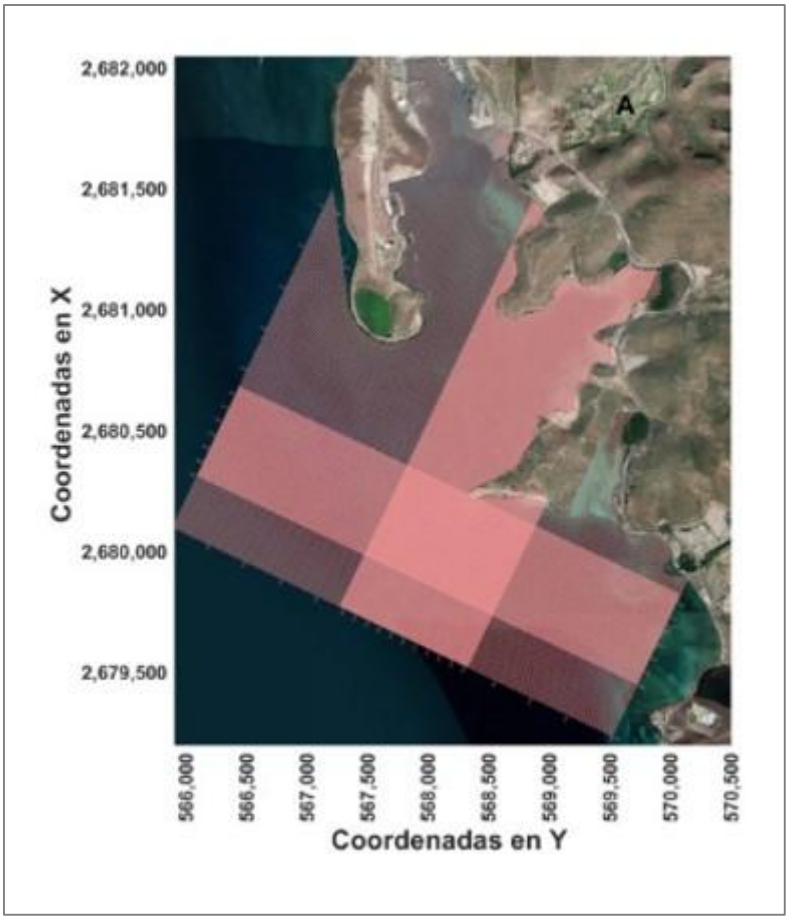


Figura 15.- Malla configurada sobre la Bahía de Pichilingue y estero Puerto Gato.

i. Descripción las ecuaciones del Modelo Delft3D

Delft3D es un modelo hidrodinámico modular con la capacidad de resolver la circulación cercana a la costa, basándose en la conservación de masa (expresada en plano cartesiano):

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$$

y momento para flujos inestables en aguas someras en coordenadas cartesianas (***x***, ***y***, ***z***), versión Delft3D-FLOW 6.02.02.5516M, y FLOW-GUI versión 3.43.05, De Goede (2020).

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z} - fv = -\frac{1}{\rho_0}P_x + F_x + \frac{\partial}{\partial z}\left(\nu_v \frac{\partial w}{\partial z}\right) + M_x$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} + w\frac{\partial v}{\partial z} + fu = -\frac{1}{\rho_0}P_y + F_y + \frac{\partial}{\partial z}\left(\nu_v \frac{\partial w}{\partial z}\right) + M_y$$

Para la tercera componente, obtenida a través de la presión la cual se define como $P = \rho_0 g \nabla\eta$. En un fluido hidrostático esta se define como:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = -\frac{1}{\rho_0}P_z$$

en donde ***u***, ***v*** y ***w*** son las velocidades de las componentes ***x, y*** y ***z*** respectivamente. La velocidad vertical está representada por ***w*** en la componente ***z***, mientras que la viscosidad turbulenta (“Eddy viscosity”) es representada por ν_v. La fuerza de los gradientes de presión (barotrópico y baroclínico) y fuerza gravedad son representados por P_x, P_y y P_z para cada componente respectivamente. F_x y F_y representa las fuerzas friccionales (viscosidad cinemática y esfuerzo del viento). M_x y M_y son las contribuciones debido a perturbaciones de fuentes exteriores (Esfuerzo del viento), f es el parámetro de Coriolis y ρ_0 es la densidad del agua.

El transporte de los trazadores como lo es la salinidad está definido por la siguiente ecuación:

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial uS}{\partial x} + \frac{\partial vS}{\partial y} + \frac{\partial wS}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}\left(D_x \frac{\partial S}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(D_y \frac{\partial S}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(D_z \frac{\partial S}{\partial z}\right) + S_{src}$$

En donde D_x, D_y y D_z es el coeficiente de difusión y S_{src} el término fuente

Las ecuaciones de movimiento y continuidad se calcularon en tres niveles de profundidad variable, aproximadamente a 33.33% por capa. La primera capa superficial, una capa intermedia y la capa profunda, donde se realizó la modelación de la descarga de alta densidad y sus características de movimiento.

ii. Construcción de escenarios.

Las simulaciones abarcaron un periodo de 17 días durante mayo de 2025, incluyendo fases de mareas vivas y muertas. Las condiciones de frontera se forzaron con datos del modelo global de mareas FES2014 (***Figura 16***). Se incorporaron también datos estadísticos de viento dereanálisis ERA5 de Copernicus. Esta singular zona costera está expuesta a los vientos estacionales del norte y a las circulaciones hídricas anuales proporcionadas por los remolinos de la Bahía de la Paz (BLP), En: Darren-Whitehead, 2019.

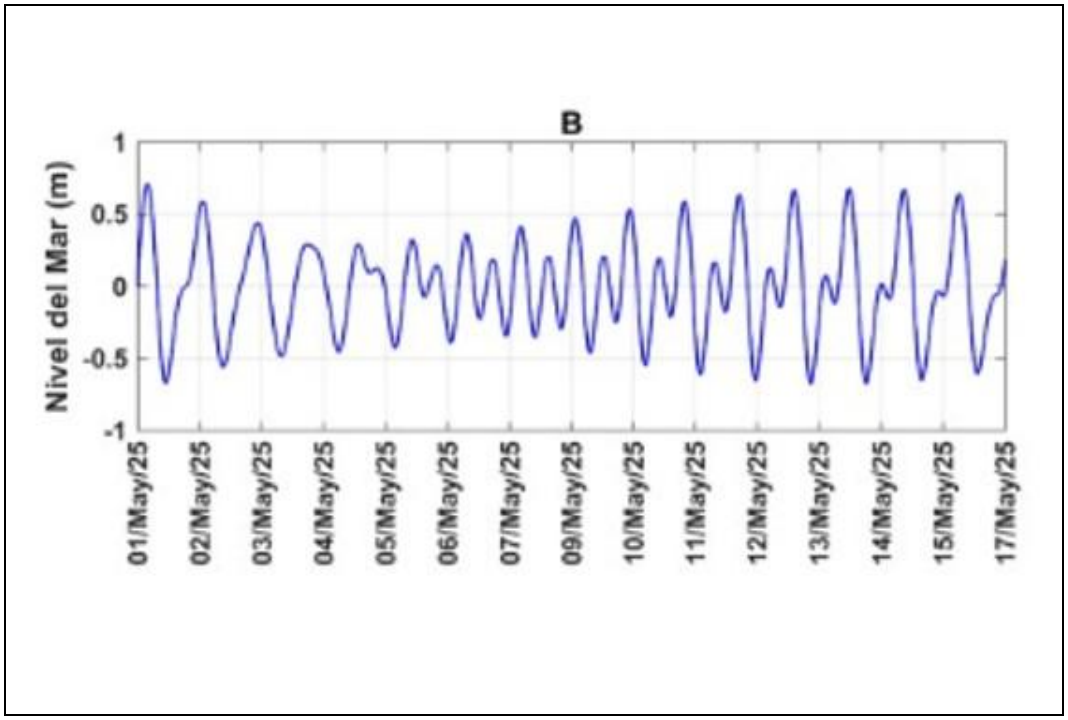


Figura 16.- Forzamiento de marea obtenido de FES2014.

iii. Variables de entrada al modelo.

Una de las fuerzas principales que determina las corrientes en la zona de estudio es precisamente la variación de la marea. Por ello, cada una de las simulaciones consistió en correr en el modelo Delft3D un periodo de 17 días abarcando el periodo de mareas vivas y muertas para la época de primavera-verano.

Para los 6 escenarios que se analizaron se utilizaron las mismas variables de entrada al modelo. (***Tabla 1***).

Tabla 1.- Variables de entrada para el modelo numérico de 6 escenarios.

Variables	Cantidades	Comentarios
Caudal de salida del agua de rechazo	15 l/s	Se utilizó el volumen del máximo escenario predicho. Aun y cuando se considera que el proyecto avanzará por etapas y este caudal será inferior en los primeros años proyectados para la etapa de operación.
Diámetro de la descarga	5”	Valor calculado con bombeo a la profundidad de -20m
Velocidad de flujo en la salida	1.5 m/s	Valor calculado con bombeo a la profundidad de -20m
Profundidad de descarga	-20 metros	Entre las profundidades de 0 y -20 metros es donde se alimenta el tiburón ballena. Es muy recomendable colocar la infraestructura de salida de agua de la PDOI fuera de ese rango.
Velocidad de la corriente	0.1 m/s	Los 10 cm/s son cálculos de velocidad máxima probable para el sitio de estudio en la época de primavera-verano.
Temperatura del agua de mar	Entre 21 y 24 ^{o}C	Temperaturas típicas del período analizado.
Salinidad del medio marino	35.30 ppt	Salinidad típica del período analizado (expresada en partes por mil).
Salinidad	70 partes por mil (PPT)	Valor típico proveniente del proceso de ósmosis inversa
Material de la tubería	HDPE PN 16	

Caudal de Salida y Diámetro de Descarga: El caudal de 15 l/s y el diámetro de 5" (aproximadamente 0.127 m) determinan la **velocidad inicial de la descarga y el impulso (momentum)**. Un mayor caudal y/o una menor área de salida (mayor velocidad) aumentarán el impulso, lo que ayudará a una dilución inicial más rápida cerca del punto de descarga.

Velocidad de Flujo de Salida: 1.5 m/s. Junto con el diámetro y el caudal, esto define el impulso de la descarga.

Profundidad de la descarga: 20 metros. Una mayor profundidad permite un mayor recorrido vertical para la dilución antes de interactuar con la superficie o el fondo. Dado que

la pluma es densa, tenderá a hundirse, y la profundidad es importante para evaluar si impactará el lecho marino rápidamente.

Velocidad de la Corriente: 0.1 m/s. La corriente marina es un factor dominante en el transporte y la dispersión de la pluma una vez que el impulso inicial de la descarga se ha disipado. Una corriente más fuerte dispersará la pluma más rápidamente y la transportará en la dirección de la corriente.

Temperatura del Agua de Mar: Entre 21 y 24 grados centígrados. La temperatura afecta ligeramente la densidad del agua de mar y, por lo tanto, la diferencia de densidad con la salmuera.

Salinidad del medio marino: 35.30 ppt

Salinidad del agua de descarga de la PDOI: 70 ppt. Este valor podría ser menor, dependiendo del tipo de PDOI a utilizar; sin embargo, es el valor más alto de acuerdo con referencias bibliográficas consultadas.

iv. Variables y valores utilizados por Delft3D

Viscosidad Horizontal y Difusividad Horizontal: 1 m/s (viscosidad) y 10 m^2/s (difusividad). Estos parámetros representan la capacidad del agua de mar para mezclar y dispersar sustancias. Valores más altos indican una mayor mezcla turbulenta y, por lo tanto, una mayor dispersión de la pluma.

Esfuerzo debido a la fuerza del oleaje: Fredsoe propone un método para estimar el tamaño y la forma de las dunas en cauces arenosos, así corno la manera en que se modifica su altura y longitud al aumentar la velocidad de/ flujo. Las dimensiones de las dunas dependen tanto del transporte de sedimento por el lecho como del que viaja en suspensión. El método predice una transición suave de dunas a fondo plano: conforme las ondulaciones disminuyen su tamaño y se hacen más largas, la resistencia al flujo disminuye (Berezowsky Verduzco M., 1993)

Gravedad: (g): 9.8 m/s^2. Constante utilizada en los cálculos de flotabilidad.

Densidad del Agua y del Aire: 1024 kg/m^3 y 1 kg/m^3 respectivamente. La densidad del agua de mar es crucial para calcular la flotabilidad relativa de la pluma de salmuera.

Coeficientes de Arrastre (A, B, C): Estos coeficientes (0.00063, 0.00723, 0.00723) se utilizan en modelos más complejos para describir la resistencia al movimiento de la pluma debido a la fricción con el agua circundante.

Valor de Fricción y Condición de Deslizamiento: 65 y libre. Estos parámetros son relevantes en modelos que consideran la interacción de la pluma con el fondo marino o con estructuras, afectando el flujo y la dispersión cerca de esas superficies.

En la***Tabla 2*** se muestran los valores requeridos para las simulaciones elaboradas con el modelo Delft3D.

Tabla 2.- Variables y valores por default utilizados durante las simulaciones de Delft3D

Variable	Valor
Viscosidad horizontal eddy	1 m^2/s
Difusividad horizontal eddy	10 m^2/s
Valor de fricción Chezy (Roughness value)	65
Esfuerzo debido a la fuerza del oleaje	Fredsoe
Condición de deslizamiento	Free
Gravedad	9.81 m/ s^2
Densidad del agua	1024 kg/ m^3
Densidad del aire	1 kg/ m^3
Coeficiente de arrastre A	0.00063
Coeficiente de arrastre B	0.00723
Coeficiente de arrastre C	0.00723

v. Enfoque para calcular la dispersión campo cercano y campo lejano:

Para obtener una estimación de la distancia de dispersión, se deben considerar las dos fases de comportamiento de la pluma de descarga:

Campo Cercano (Near-Field): Esta fase se ocupa de la dilución inicial de la pluma cerca del punto de descarga, donde **el impulso** de la descarga domina. Aquí, la mezcla es intensa debido a la turbulencia generada por la descarga. Se utilizan modelos de chorro o pluma para estimar la dilución y la trayectoria vertical.

Campo Lejano (Far-Field): Una vez que la pluma ha perdido su impulso inicial y ha alcanzado una cierta dilución y nivel de hundimiento (o flotación), **las corrientes marinas y la turbulencia ambiental se vuelven los factores dominantes** en su transporte y dispersión. Para esta fase, se utilizan modelos de advección-difusión 2D

Una vez construido el Modelo de Elevación Digital se simularon eligieron 6 ubicaciones geográficas distintas (***Tabla 3***); para simular la localización de la descarga para una planta desaladora (PDOI).

vi. Ubicación geográfica de los 6 sitios (escenarios) elegidos para la modelación de la pluma de descarga de la PDOI.

En la ***Tabla 3*** se muestran las coordenadas UTM R12 para los 6 sitios que se modelaron. Se rodeó el área del polígono del proyecto con el propósito de determinar si la ubicación tendría influencia en la dispersión de la salmuera en el campo cercano y el campo lejano.

También se consideró que rodeando el área del proyecto se podría contar con la información de la posible dispersión hacia las áreas de importancia ecológica como son la Caleta Bahía Falsa, el Estero Puerto Gato y principalmente el área de Interés del Área de Balandra, contando así con la información para el análisis de la interacción de la descarga de alta densidad con la hidrodinámica local.

En todos los casos la ubicación se eligió tomando en cuenta la ubicación del polígono del área de interés de APFF Balandra, evitando en todo momento cruzar el límite de esta zona.

Tabla 3.- Coordenadas de los sitios para modelación de la descarga.

SITIOS PARA DESCARGA		
ESCENARIOS PARA MODELACION FINAL		
PUNTO	COORDENADA (m) E	COORDENADA (m) N
I	567,935.00	2,680,790.00
II	567,681.00	2´680,935.00
III	567,602.00	2´681,183.00
IV	567,722.00	2´681,357.00
V	567,897.00	2,681,468.00
VI	567,777.00	2,681,677.00

En la ***Figura 17*** se observa la distribución de los 6 sitios geográficos elegidos. En cada uno de los casos, se tomó en cuenta ubicarlos sobre la cota de los 20 metros de profundidad

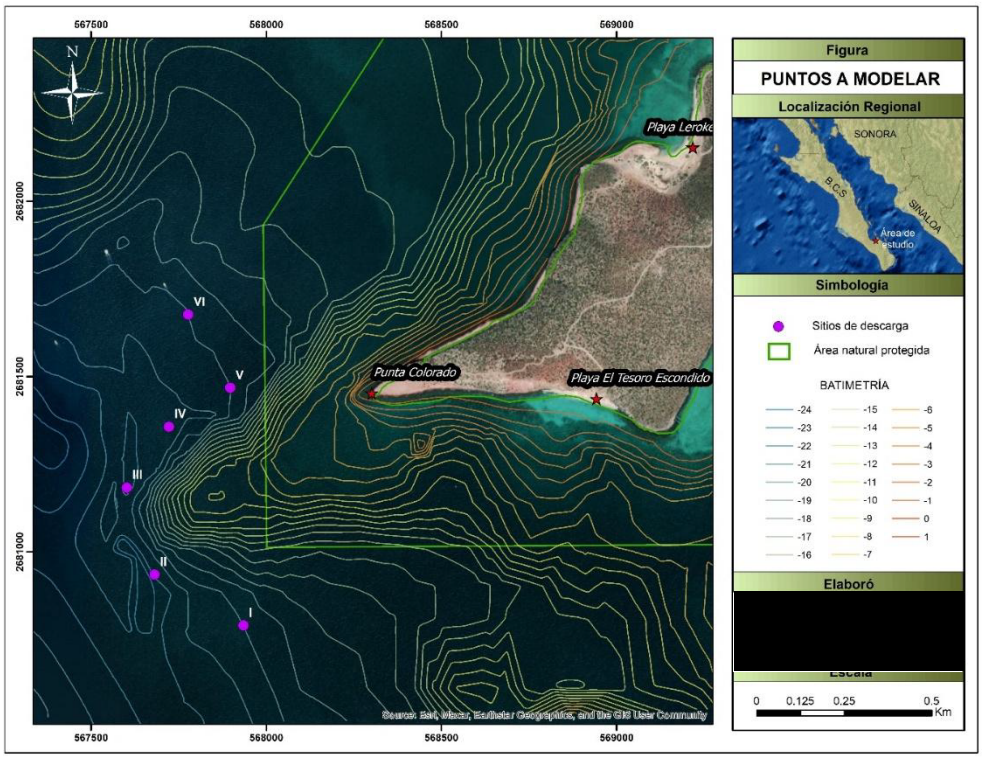


Figura 17.- Puntos I al VI ubicados alrededor de Punta Colorada.

c. Modelaciones de 6 escenarios.

En las siguientes figuras se visualiza una captura de pantalla de cada una de las corridas del modelo Delft3D para cada uno de los sitios geográficos elegidos (6 escenarios). La ***Figura 18*** corresponde al Sitio PI, la ***Figura 19*** corresponde al sitio PII, la ***Figura 20*** corresponde al sitio PIII la ***Figura 21***, corresponde al sitio PIV, la ***Figura 22*** corresponde al sitio PV, la ***Figura 23*** corresponde al sitio PVI

Se puede observar en todos los casos, como apenas se alcanza a ver un pequeño punto de color azul más claro que el resto del área de la malla numérica. En la escala de salinidad se aprecia, además, que la salinidad mostrada en la escala en cada uno de esos sitios en el plano es menor 35.305 ppt.

Esto es, en la escala de colores de las 6 figuras se aprecian únicamente los cambios en la coloración entre 35.300 y 35.305 ppt, esta diferencia de salinidad es mínima y no representa un aumento significativo en la salinidad del ambiente para las condiciones modeladas.

El hecho de que en todas las modelaciones se presenten resultados tan similares, indica que la dilución más importante se da en un área muy cercana a la salida del agua de alta densidad proveniente de la PDOI.

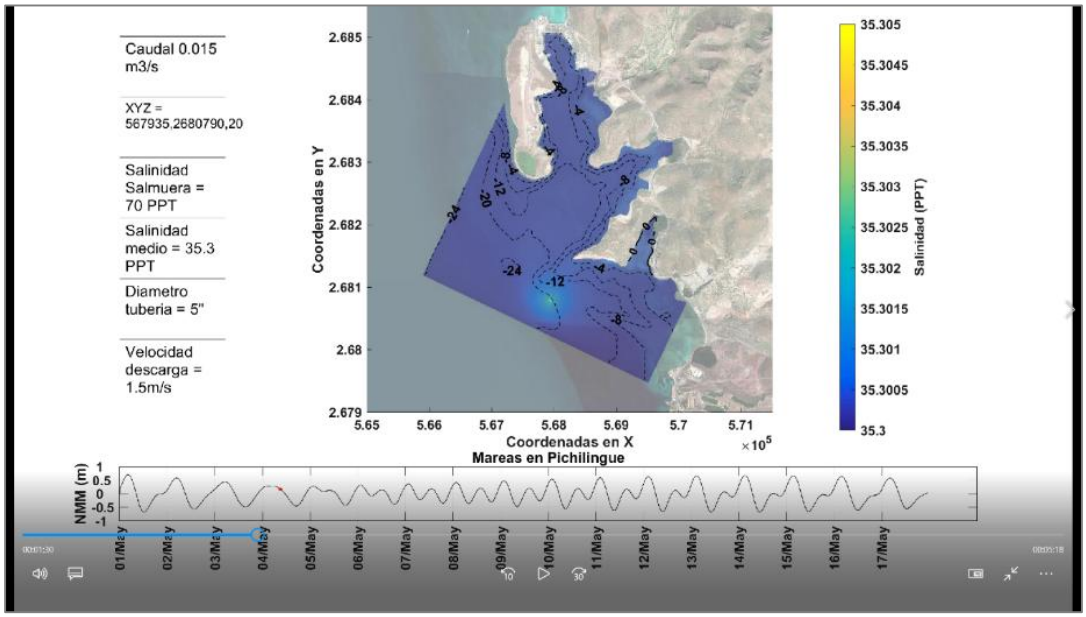


Figura 18.- Captura de pantalla de modelación PI.

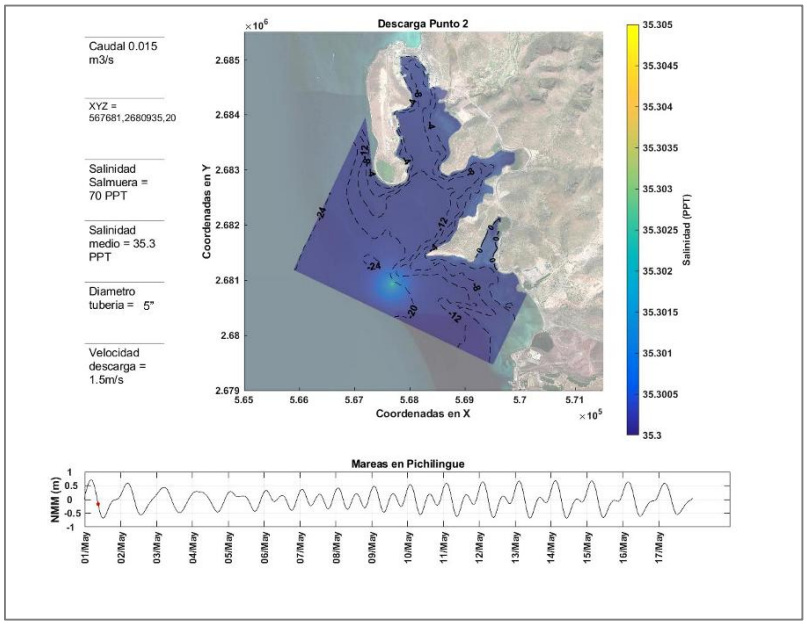


Figura 19.- Captura de pantalla modelación PII.

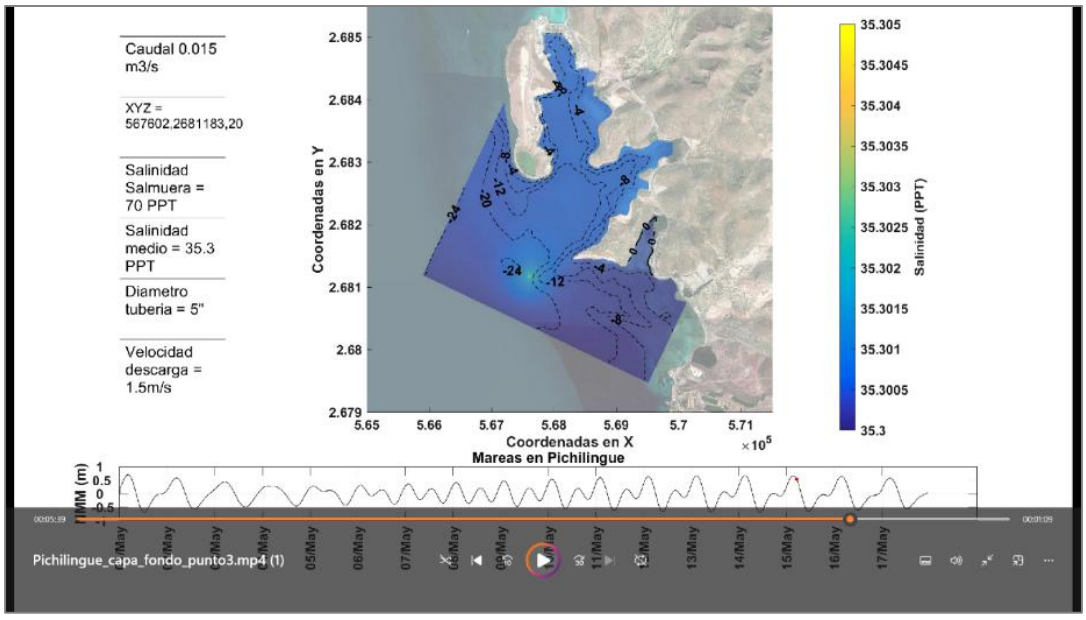


Figura 20.- Captura de pantalla de modelación PIII.

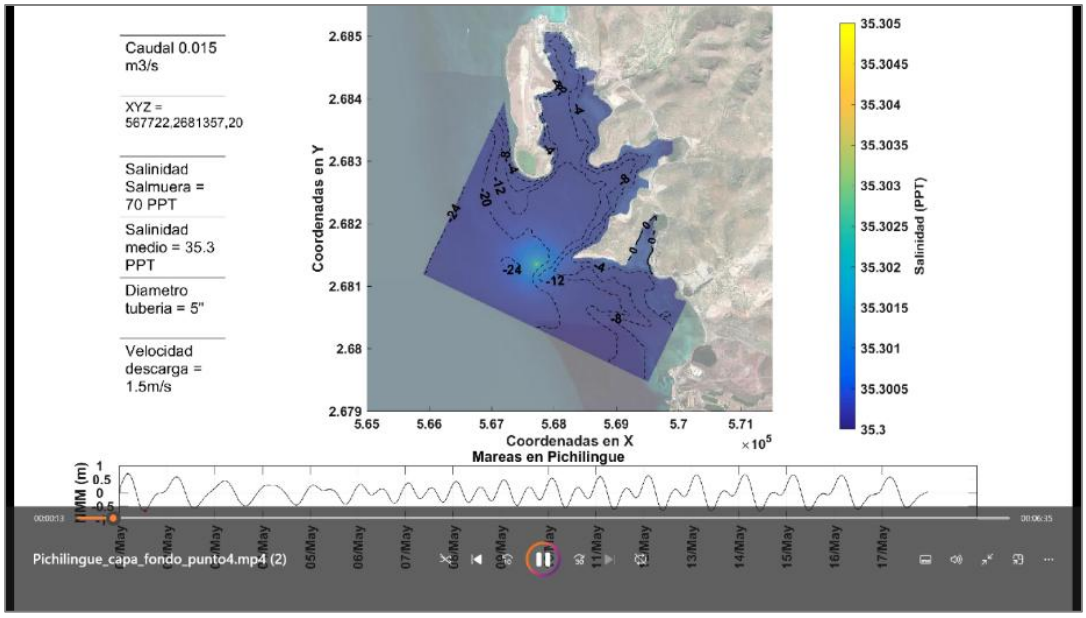


Figura 21.- Captura de pantalla de modelación PIV.

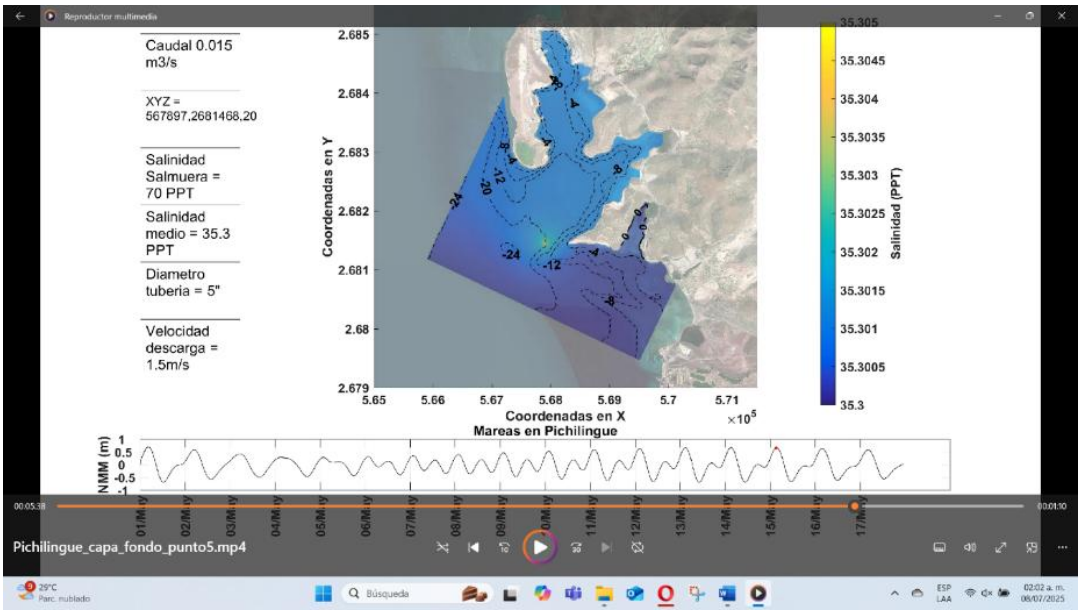


Figura 22.- Captura de pantalla de modelación PV.

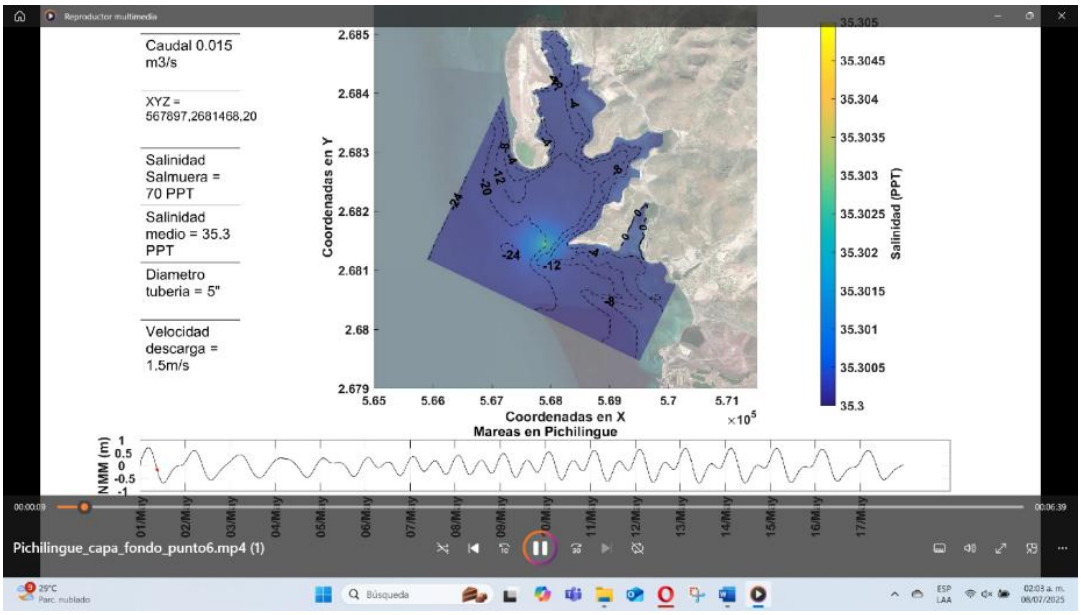


Figura 23.- Captura de pantalla de modelación VI.

i. Disolución de Descarga Salina de una Planta Desaladora en la Bahía de La Paz, B.C.S.

La densidad del agua de mar depende de la salinidad. La densidad del agua de mar con 35.3 ppt es aproximadamente de 1024 kg/m³ a 25 °C y al duplicar la salinidad a 70 ppt, la densidad se incrementa a alrededor de 1050 kg/m³, un aumento de aproximadamente 2.5%. Esta relación no es completamente lineal porque la solubilidad y la compresibilidad del agua salina varían con la concentración.

Se estima una diferencia de densidad entre la salmuera y el mar de aproximadamente 26 kg/m³. La descarga a 20 m de profundidad favorece que la pluma se mantenga cerca del fondo en el corto plazo y se disperse horizontalmente.

Factores como la estratificación térmica, las corrientes marinas y la topografía submarina pueden afectar la eficiencia de la dilución. Cuando estos factores ayudan a la rápida dilución, favorecen la atenuación de impactos en la superficie marina.

ii. Factores que afectan el comportamiento de la pluma de alta densidad (agua de rechazo de la PDOI).

El vertido continuo de agua de descarga de la PDOI formará una pluma de alta salinidad; la forma de la pluma puede ser:

- Vertical descendente (por densidad).
- Horizontal si hay corrientes que la arrastran lateralmente.

En el caso que estamos analizando, la salinidad decrece gradualmente desde 70 ppt hasta alcanzar valores cercanos a los 35.3 ppt del medio receptor.

d. Caracterización hidrodinámica del comportamiento de la pluma de alta densidad (agua de rechazo de la PDOI).

La caracterización hidrodinámica del comportamiento del agua de rechazo de la PDOI se divide generalmente en dos regiones: campo cercano y campo lejano, que se diferencian en los mecanismos físicos dominantes en cada una de ellas (Jirka et. Al, 2009. En: López Fernández, 2010).

i. Campo Cercano.

La región de campo cercano es la zona inicial de mezcla provocada por las turbulencias que se generan debido a la energía cinética del efluente. En esta zona, las condiciones ambientales juegan un papel secundario, y son las características físicas del efluente y el sistema de vertido empleado los que controlan el comportamiento de la salmuera.

Se extiende generalmente hasta unos pocos metros a decenas de metros desde el punto de descarga.

Predomina la mezcla turbulenta inducida por el momentum y flotabilidad del chorro.

Se puede analizar con modelos de mezcla de chorros (jet and plume models).

La dilución inicial ocurre principalmente en esta zona y determina en gran medida la concentración de salinidad aguas abajo.

Factores como el ángulo y la velocidad de descarga, la densidad de la salmuera y la profundidad del emisario influyen fuertemente.

ii. Campo lejano.

A cierta distancia del punto de descarga, la turbulencia deja de ser el proceso dominante y la salmuera se hunde dando lugar a una pluma hipersalina que avanza siguiendo la línea de máxima pendiente. Esta zona puede extenderse algunos metros o incluso cientos de metros y se denomina campo lejano. En el campo lejano, son las condiciones ambientales las que controlan el proceso de mezcla.

Comienza donde el impulso del chorro deja de ser dominante y la pluma se mueve principalmente con las corrientes marinas.

Típicamente se extiende desde decenas de metros hasta varios kilómetros dependiendo de las condiciones del sitio.

La pluma se comporta como un trazador pasivo transportado por corrientes, mareas y procesos de mezcla turbulenta ambiental.

La dilución adicional es más lenta en comparación con el campo cercano.

iii. Equilibrio y mezcla completa

Eventualmente, a una distancia determinada (dependiendo del diseño del difusor, caudal, profundidad y corrientes), la salmuera se diluye completamente hasta que su impacto en la salinidad es mínimo o imperceptible (Ver la Tabla 4).

Tabla 4.- Factores clave que influyen en la dilución:

Factor	**Efecto sobre la mezcla**
Velocidad de descarga	Mayor velocidad → más turbulencia → más mezcla inicial
Diseño del difusor	Difusores múltiples → mejor dispersión
Corrientes marinas	Arrastran la pluma y aceleran la dilución
Temperatura del agua	Si hay diferencias térmicas, puede haber estratificación
Estratificación*	Si hay capas térmicas o de salinidad, la pluma puede quedar atrapada

*Nota: *La estratificación puede ocurrir cuando en el medio marino se forman dos capas de agua de diferente densidad y temperatura.*

e. Resultados.

i. Dispersión de la descarga de alta densidad

Los resultados l Modelo Numérico Delft3D, indican, en general, una rápida dilución de la salinidad en los 6 sitios geográficos (escenarios simulados). En la Gráfica de la ***Figura 24*** se resumen los resultados obtenidos al graficar la salinidad vs la distancia.

En todos los casos de esta modelación, la salinidad de 35.500 ppt se alcanzó a la distancia de 26.13 metros, y la salinidad de 35.3 ppt se alcanzó a los 44 metros de distancia desde el punto de salida de la descarga de agua de alta densidad de la PDOI.

Estos resultados nos llevan a concluir que en la temporada de primavera-verano, con las condiciones de entrada al modelo y las corrientes de fondo descritas en este análisis, la dispersión del agua de alta densidad proveniente de la PDOI tiene un comportamiento que se explica más por la cantidad del flujo (15 l/s) en los primeros metros; es decir, en el campo cercano y, que esta descarga se va a diluir a la salinidad del medio circundante a menos de 50 metros con estas condiciones ambientales.

Cabe recordar también que los valores de temperatura y salinidad en el área de estudio son influenciados directamente por las características de las masas de agua que entran a la Bahía de la Paz, y estas a su vez son influenciadas por las condiciones de mesoescala de las aguas adyacentes en la costa oeste del Golfo de California. (Pantoja, D.A., et al. 2012)

Los resultados favorables de la dispersión del agua de descarga de la PDOI, donde se observa que en el campo cercano se lleva a cabo la dilución hasta llegar a los 35.3 ppt, nos condujo a evaluar la selección del punto óptimo para salida de agua de la PDOI considerando los otros aspectos que hemos venido describiendo a lo largo de este reporte.

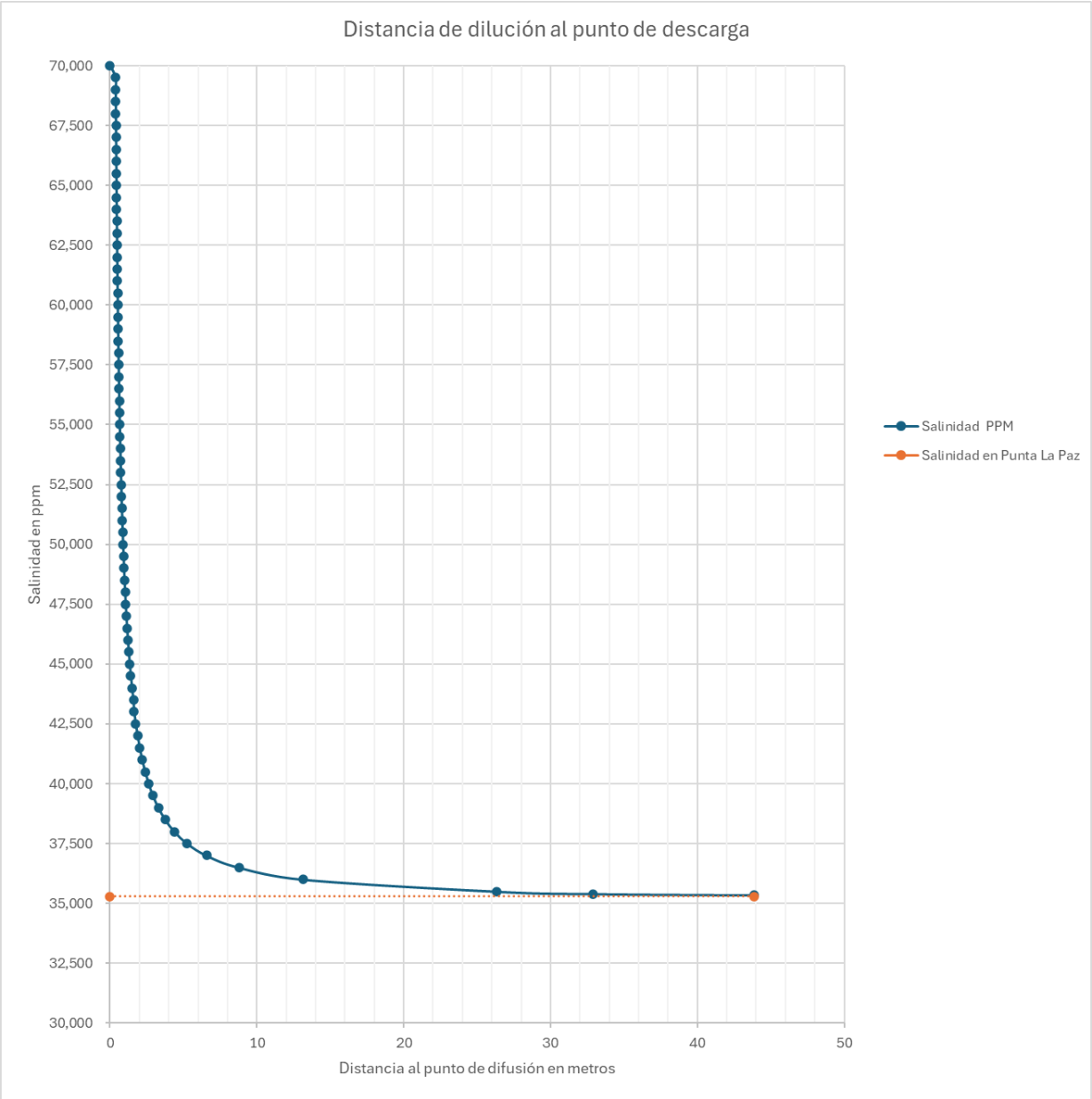


Figura 24.- Salinidad vs distancia desde el punto de salida de agua de alta densidad.

f. Evaluación de los sitios ideales para la toma y descarga de la PDOI y aspectos que influyen en la toma de decisión.

Contando ya con los resultados de modelación de los 6 escenarios para la descarga de agua de alta densidad y habiendo observado que en los seis casos se obtenían resultados muy similares respecto a la distancia a la que se dispersa la pluma de descarga, se procedió a comparar los otros aspectos que influyen en la toma de decisión de la ubicación de toma y descarga para la PDOI.

i. Calidad del agua.

El punto de toma de agua marina para alimentación de la PDOI debe ser lo más alejado del área de interés de Balandra y al mismo tiempo contar con las mejores condiciones de calidad del agua (menor cantidad de bacterias fecales y de otros compuestos ajenos al agua de mar). Durante los recorridos de campo se observó que las áreas más cercanas al Puerto de Pichilingue presentan en la orilla de la playa El Tesoro (Ver ***Figura 25***) la presencia de "*Ulva Lactuca*", alga verde que en muchas ocasiones es indicadora de la presencia de altos niveles de materia orgánica. Por esta razón, se recomienda ampliamente que la toma de agua se encuentre lo más alejada posible de la Caleta Bahía Falsa.



Figura 25.- Área de playa El Tesoro, lado norte del proyecto.

ii. Distancias de la ubicación de los sitios al extremo de Punta Colorada.

En la ***Figura 26*** se observan las distancias desde cada uno de los sitios geográficos (PI a PVI) hacia el extremo de Punta Colorada. Cabe resaltar que a medida que los sitios modelados se acercan más al extremo de Punta Colorada, también se acercan más al límite del Área de Interés de Balandra (AIB).

Tanto para la decisión de localización de la descarga de agua de la PDOI como en el caso de la selección del área óptima de toma de agua es muy importante tener un rango de distancia lo más amplio posible al AIB.

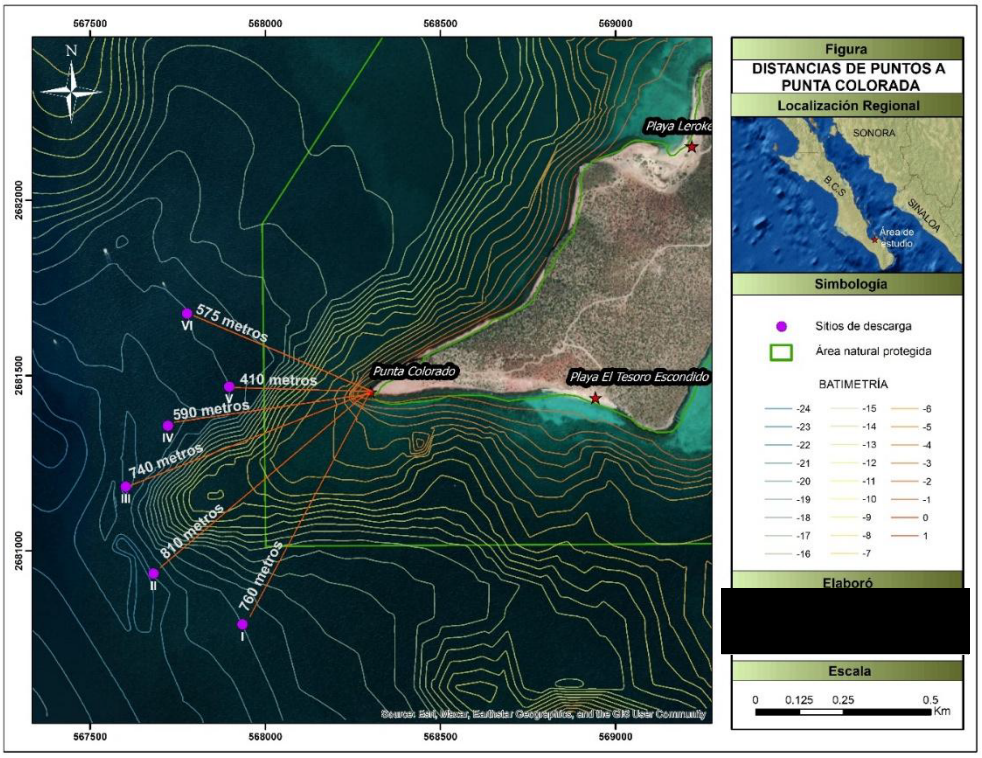


Figura 26.- Distancias de los sitios geográficos de evaluación de escenarios (PI a PVI) al extremo de Punta Colorada.

Otra consideración es que la distancia de cada uno de los Puntos analizados es muy relevante debido a que la longitud de la tubería incrementa tanto los costos de la etapa de construcción, como los costos de mantenimiento y operación de la infraestructura.

iii. Descripción de los vectores de corriente resultado de las corridas del Modelo Delft3D.

Para la época en la cual se está corriendo este modelo (primavera-verano), se obtuvieron las condiciones hidrográficas que se describen a continuación.

La circulación de fondo obtenida con el modelo Delft3D para el proyecto Punta La Paz muestra para el escenario de primavera-verano un patrón característico: Las condiciones iniciales que influyen al modelos son 3: las mareas que entran por 2 de las fronteras del área de simulación (frontera este y frontera oeste) en donde se introducen las influencias de las mareas al modelo, esto incluyendo la entrada y salida de las masas acuáticas, también se cuenta con una influencia corrientes superficiales que entran a la superficie de la última frontera abierta del modelo, por ultimo tenemos la influencia del viento distribuido por toda el área superficial del modelo e influenciando las corrientes superficiales del mismo.

La distribución de las corrientes (el video del render) del modelo Delft 3D se capturó en 3 momentos que se presentan en las Figuras 27, 28 y 29. En la (***Figura 27***) se observa una corriente en la zona sur de Punta La Paz, cercano a la frontera sur del área del Modelo.

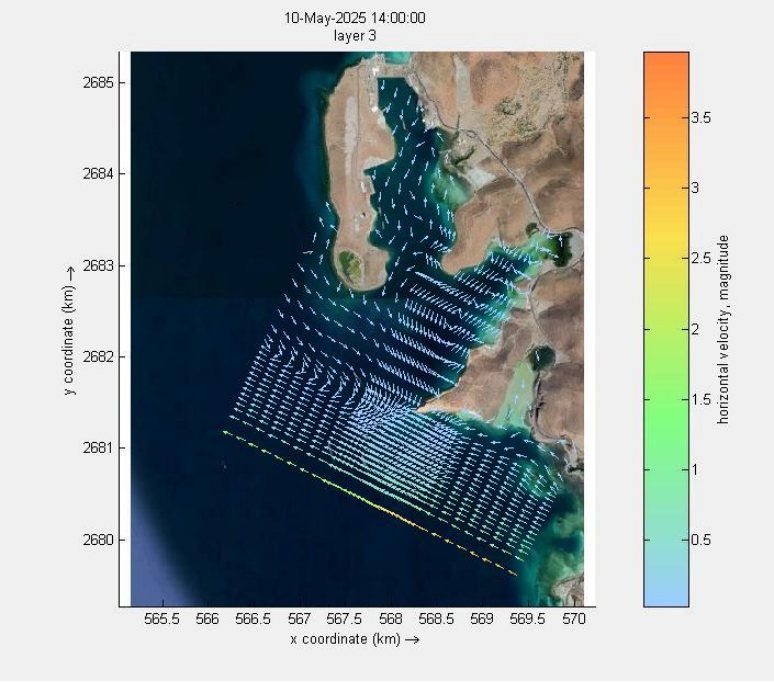


Figura 27.- Vectores de corriente en dirección Sureste-Noroeste al sur de Punta Colorada.

La corriente en la zona sur de Punta La Paz, presenta movimiento del sureste al noroeste en el área inferior del polígono del proyecto: esta corriente empieza desde el sitio denominado playa Eréndira pasando por el frente del Estero Puerto Gato, hasta playa El Tesoro Escondido, llegando hasta la Punta Colorada y saliendo hacia las cotas más profundas frente a la misma Punta Colorada

La observación de los vectores de las corrientes del modelo Delft3D para el área de Punta La Paz, también arroja datos muy interesantes que coinciden con la bibliografía acerca de la influencia de las mareas: el comportamiento y la fuerza de las corrientes depende del estado de las mareas y de la profundidad a la que estamos observando, cuando la marea se encuentra ascendiendo las corrientes entran desde la boca de la Bahía de Pichilingue hacia el interior del puerto y también hacia la zona del estero “Caleta Falsa” (***Figura 28***).

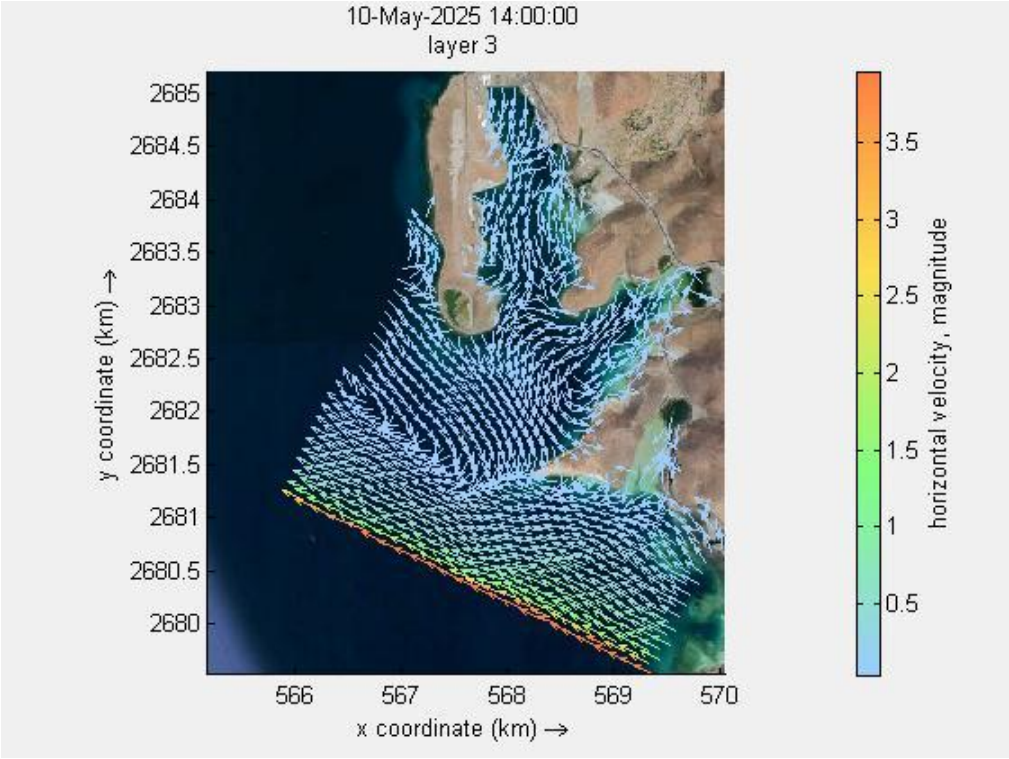


Figura 28.- Vectores de velocidad en el fondo en ascenso hacia los esteros.

En períodos de marea baja, las corrientes se invierten para dejar salir las masas de agua, el recorrido empieza desde la cabeza de la Bahía de Pïchilingue y la cabeza del estero “Caleta bahía falsa” hacia la parte inferior de playa Leroke y perfilándose a la Punta

Colorada e incorporándose a la corriente que se dirige al noroeste del área, alejándose del proyecto (***Figura 29***).

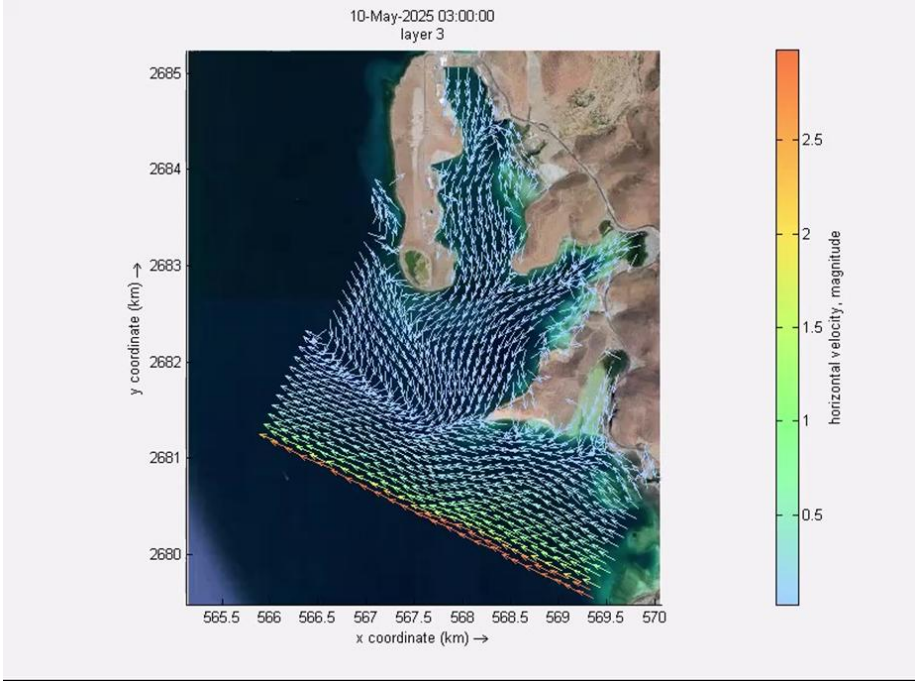


Figura 29.- Vectores de corrientes de fondo descendiendo de la Bahía de Pichilingue, Caleta Falsa y Estero Puerto Gato.

iv. Comparativos de las plumas de descarga de alta densidad para los 6 escenarios.

Partiendo de que se encontró en los resultados que en todos los escenarios ocurre una rápida dilución de la salinidad como muestra la ***Figura 24***, Se encontró que estas distancias reflejan que la mayor parte de la dilución del agua de rechazo de la PDOI ocurre en los primeros metros a partir del sitio de descarga, la salinidad de 35.500 ppt se alcanzó a la distancia de 26.13 metros, y la salinidad de 35.3 ppt se alcanzó a los 44 metros de distancia desde el punto de salida de la descarga de agua de alta densidad de la PDOI.

Con la finalidad de obtener una mejor resolución visual, construir escenarios en los que se contara con una corriente de mayor velocidad, se modelaron nuevamente los 6 escenarios

Aun cuando se encontró que la pluma de descarga de la PDOI se dispersa en los primeros 44 metros del punto de origen, se decidió ubicar el sitio PIII en la cota de los 22 metros de profundidad, dando con ello un mayor rango de seguridad para la descarga y contando con que a esa profundidad se minimice la mezcla del agua de descarga a las capas superiores de la columna de agua aún en los primeros 44 metros referidos.

Además, se aumentó el valor del forzamiento de la corriente marina a 0.3 m/s. Se encontró lo siguiente:

- La disolución del agua de rechazo de la PDOI se lleva a cabo de igual manera que en los escenarios con corriente marina de 0.1 m/s, diluyéndose hasta la salinidad del medio de 35.30 ppt a los 44 metros; esto es, dentro del campo cercano.
- En todos los escenarios, la salinidad que se muestra en la escala de colores se mantiene dentro del rango de los 35.30 ppt (partes por mil). Esto es debido a que en la escala de los mapas, las salinidades mayores a 35.30 ppt no se alcanzan a visualizar en los renders de las modelaciones.

En las figuras siguientes se observan las capturas de pantalla de dichas modelaciones de escenario para la época de primavera-verano.

En la ***Figura 30*** escenario del sitio PI y la ***Figura 31*** escenario del sitio PII, la modelación muestra una ligera zona de color azul claro en el rango de los 35.301 ppt hacia el noroeste alejándose de Punta Colorada y saliendo de la Bahía de Pichilingue. Esto concuerda con los vectores de velocidades mostrados en la ***Figura 27***, que se proyectan en esa dirección.

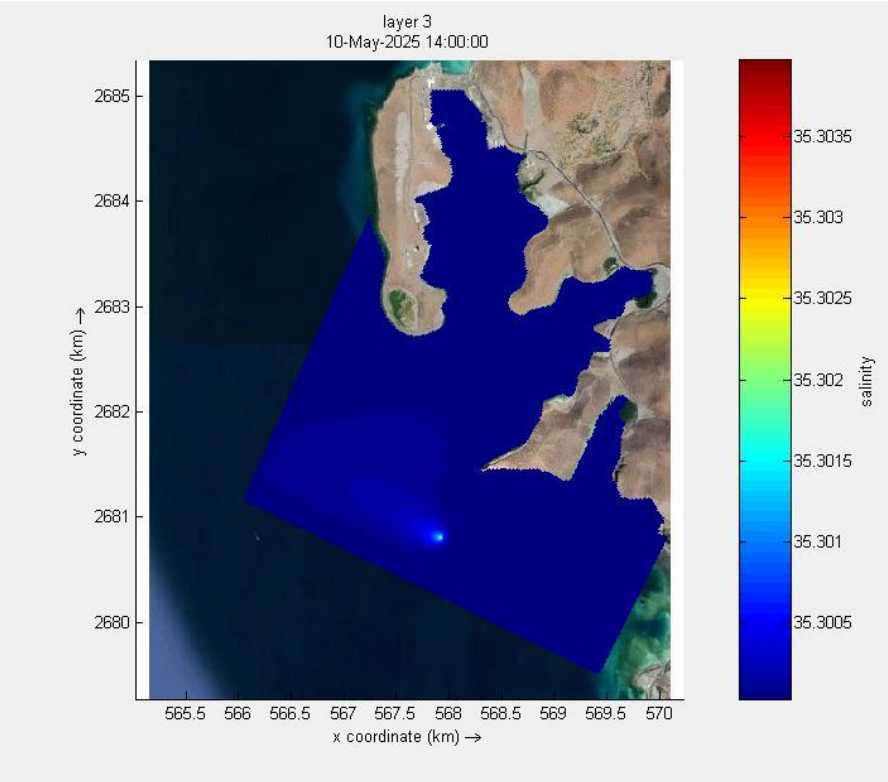


Figura 30.- Escenario de descarga primavera-verano para el sitio PI.

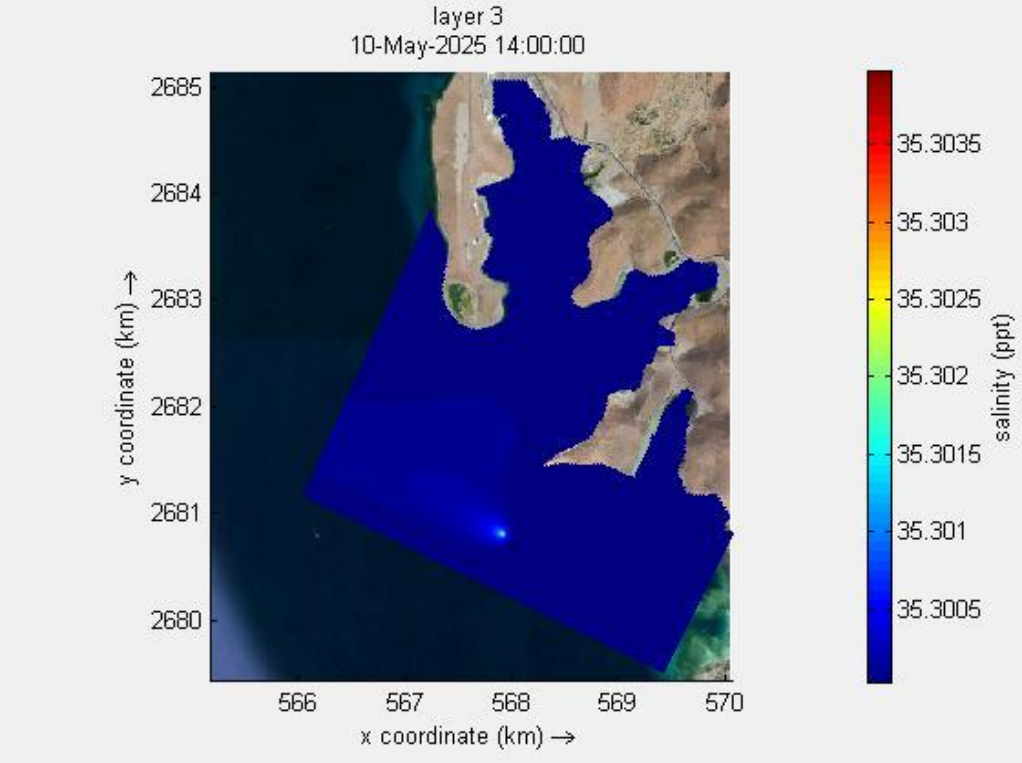


Figura 31.- Escenario de descarga primavera-verano para el sitio PII.

En el escenario del sitio PIII, se observa también la tendencia de la zona correspondiente a los 35.301 pp hacia el noroeste, alejándose de Punta Colorada y saliendo de Bahía de Pichilinge. Lo cual concuerda con los vectores de velocidad ya mencionados (Ver ***Figura 27***). Este resultado confirma que el sitio PIII tiene las condiciones ideales para la zona de descarga, como se verá más adelante.

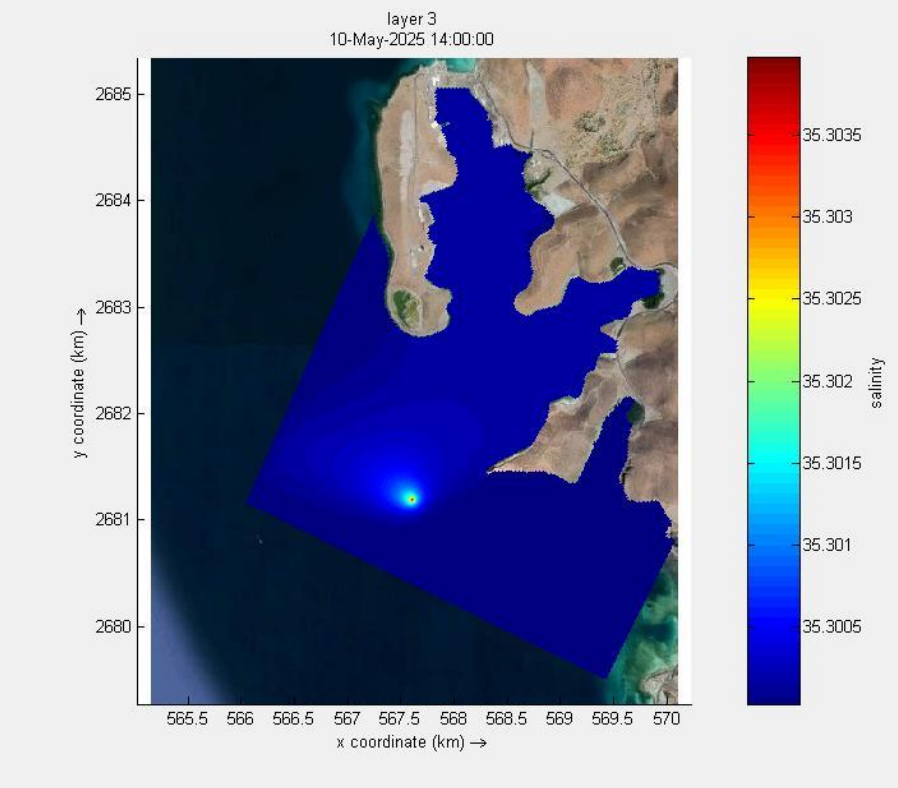


Figura 32.- Escenario de descarga primavera-verano para el sitio P III.

En el escenario para el sitio PIV se observa que, aun cuando la zona correspondiente a los 35.301 tiene una tendencia hacia el norte, también se inclina hacia el noreste. Cabe recordar que se trata de una salinidad que se encuentra dentro de los rangos de variación de la zona costera para esta época del año. Este resultado de la modelación numérica sirve para corroborar como en el caso de la Bahía de Pichilingue y el Estero Caleta Bahía Falsa, la circulación del fondo se ve afectada en gran medida por la influencia de la marea (Ver la ***Figura 28*** y la ***Figura 29***).

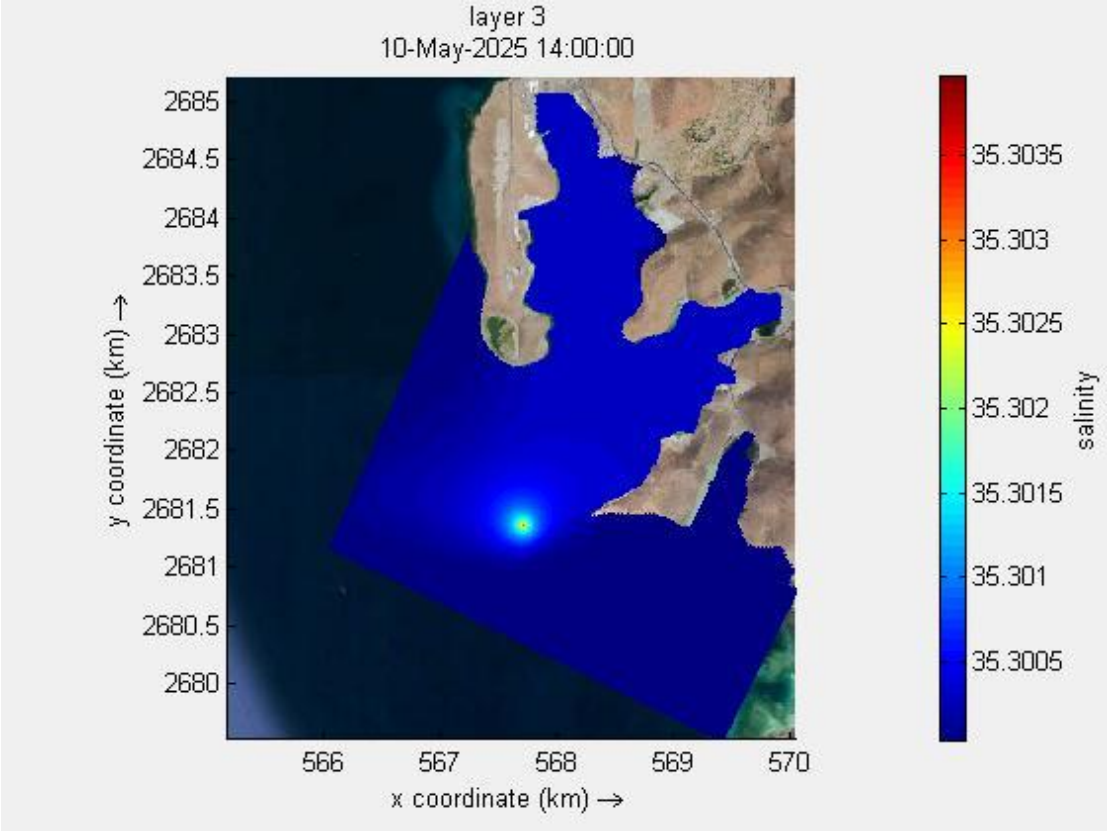


Figura 33.- Escenario de descarga primavera-verano para el sitio P IV.

El resultado de la modelación para el sitio PV arroja una información muy interesante respecto a la influencia que Punta Colorada ejerce en la convergencia de las corrientes de fondo que vienen, por un lado, del área sur del proyecto, (***Figura 27***) y por otro lado del área de la entrada a la Bahía de Pichilingue (***Figura 28***). En esa zona se forman corrientes encontradas que puede llegar a formar remolinos y la salinidad observada en el modelo muestra el valor de 35.3035.

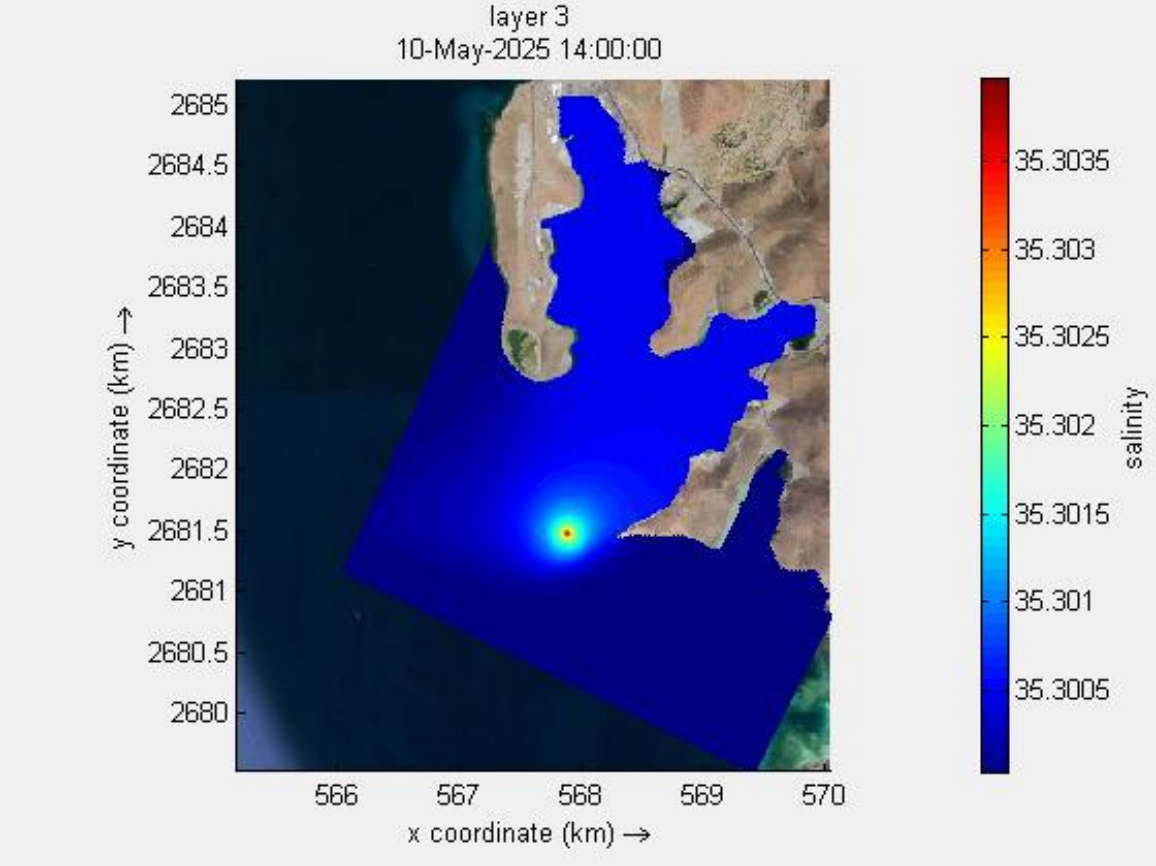


Figura 34.- Escenario de descarga primavera-verano para el sitio P V.

En lo que respecta a la modelación del sitio PVI, se obtuvo que la pluma de agua de alta densidad se define como círculos concéntricos y llega hasta el rango de los 35.3025 en el campo lejano.

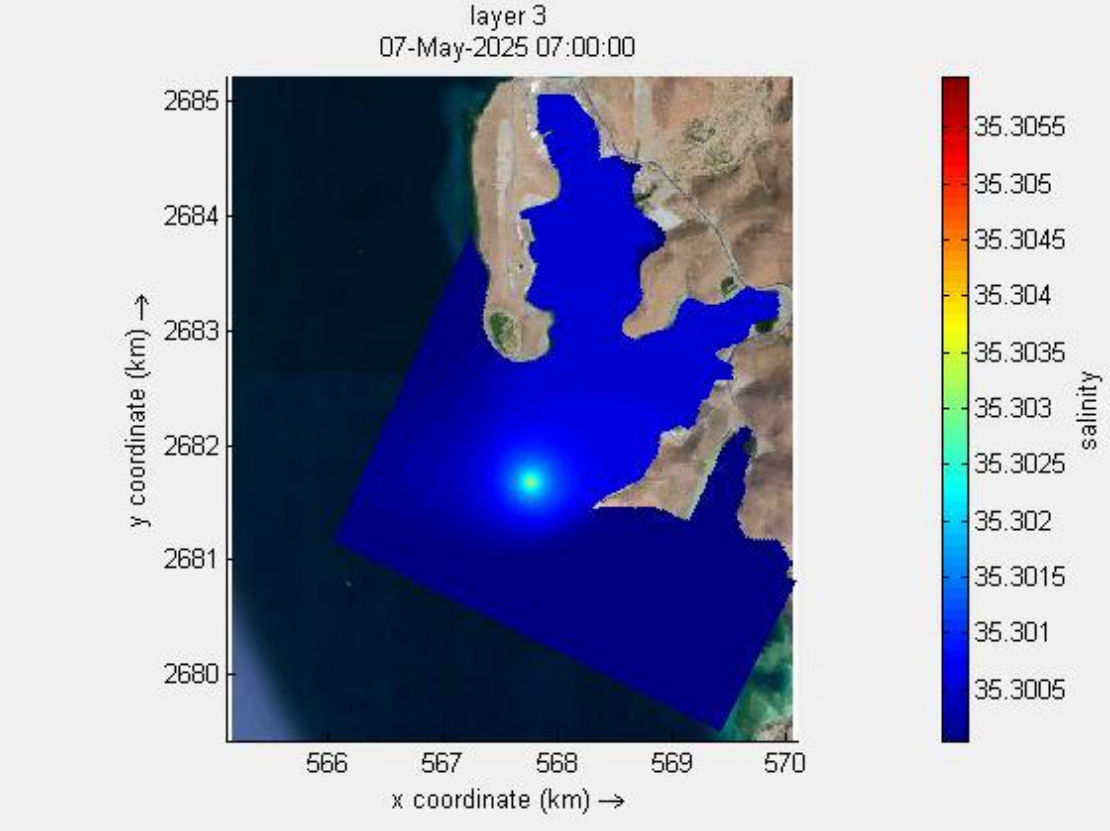


Figura 35.- Escenario de descarga primavera-verano para el sitio P VI.

En ninguna de las modelaciones se presenta el color de la escala de salinidad arriba de 35.305 ppt debido a como ya se detalló en la ***Figura 24***, la salinidad de 35.500 ppt se alcanzó a la distancia de **26.13 metros**, y la salinidad de **35.3 ppt se alcanzó a los 44 metros.**

Es imprescindible destacar que los valores que arroja el modelo con hasta 4 dígitos decimales sobrepasa la exactitud de la mayor parte de los aparatos que miden salinidad en el medio, ya que la exactitud de las mediciones in situ con CTD se ve afectada por varios factores:

- **Temperatura y Presión:** Son parámetros críticos que influyen en la conductividad. Los CTD de alta gama están diseñados para minimizar los errores dinámicos, asegurando que los sensores de temperatura y conductividad midan la misma zona de agua simultáneamente.
- **Velocidad de Muestreo:** Los CTD de perfilado de alta resolución emplean altas tasas de muestreo (hasta 32 Hz) y sensores rápidos para capturar detalles finos de la estructura de la columna de agua.

La gran ventaja de poder observar estas modelaciones con mayor resolución y con el aumento del valor de entrada de la corriente marina de 0.1 m/s a 0.3 m/s es que se confirma el resultado de que en los escenarios planteados bajo las condiciones de primavera-verano, la salinidad del medio se alcanza antes de los 50 metros a partir de la salida del agua de descarga de la PDOI.

La observación de los resultados del modelo y las capturas de pantalla de los 6 escenarios a mayor resolución también nos permite visualizar que el funcionamiento del sistema de corrientes en la Bahía de Pichilingue está regido principalmente por los flujos de las mareas.

v. Ventajas y desventajas de los 6 sitios geográficos analizados.

En la ***Tabla 5.***- *Comparativa de ventajas y desventajas de los sitios modelados*, se observan las consideraciones que se tomaron para elegir los puntos de descarga de salmuera y de toma de agua marina.

Tabla 5.- Comparativa de ventajas y desventajas de los sitios modelados.

SITIO	DISTANCIA A P.C. (m)	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PI	750	Mejor sitio para colocar la toma de agua para la PDOI. Distancia al punto III mayor a 500 metros. Profundidad -20 metros, menor incidencia de luz y menor probabilidad de entrada de organismos planctónicos a las tuberías de llamada.	
PII	800		Es el sitio más alejado de Punta Colorada.
PIII	758	Distancia al límite del AIB: 420 m. El sustrato rocoso podría ayudar a prevenir de problemas de arrastre de anclas de embarcaciones. Profundidad -22 metros. Lo cual fomenta la salida de agua de alta densidad a las capas más profundas.	
PIV	591		Muy cercano al límite del AIB (distancia 280m).
PV	412		Muy cercano el límite del AIB (distancia 93m).
PVI	591		Muy cerca de la ruta de entrada a Puerto de Pichilingue

Notas: AIB = Área de Interés de Balandra.

vi. Sitio elegido para la descarga de agua de la PDOI.

Se eligió el sitio PIII como la situación geográfica óptima para la descarga de agua de alta densidad resultado del proceso de la PDOI, dadas las siguientes ventajas:

- 758 m a Punta Colorada
- Distancia a LAIB: 420 m (suficiente espacio para que la pluma de alta densidad se mantenga alejada de este límite, bajo las condiciones modeladas de primavera-verano).
- Es probable que el sustrato rocoso ayude a prevenir de problemas de arrastre de las anclas de embarcaciones ya que se observó que es muy común ver embarcaciones tipo yates de varios tamaños en toda el área. (En la ***Figura 36*** se observa una embarcación muy cerca del polígono del proyecto, hecho que ocurre con mucha frecuencia).

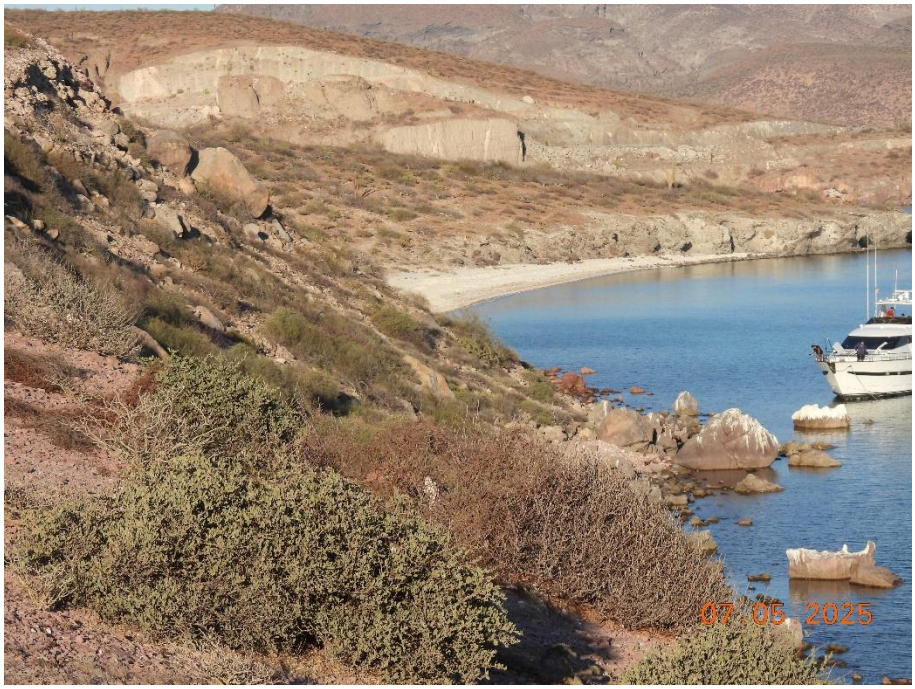


Figura 36.- Embarcación cerca de la playa El Tesoro Escondido.

La profundidad -22 m y las características de alta densidad de la pluma de descarga presentan las condiciones ideales para que la dilución ocurra hacia el fondo alejándose de la Punta Colorada y de los esteros y áreas de manglar.

Los vectores de velocidad de las modelaciones llevadas a cabo en este trabajo muestran una corriente permanente saliendo del área sur Punta Colorada con rumbo noroeste y oeste. Cabe recordar que la salinidad mostrada en la escala de colores ya está en el rango de 35.30 ppt (partes por mil), es decir ya se alcanzó la salinidad del medio en los primeros 44 metros de distancia al punto de origen. La visualización de esta captura de pantalla del render del escenario modelado nos sirve para ubicar como es el movimiento de la masa de agua en la temporada de primavera-verano.

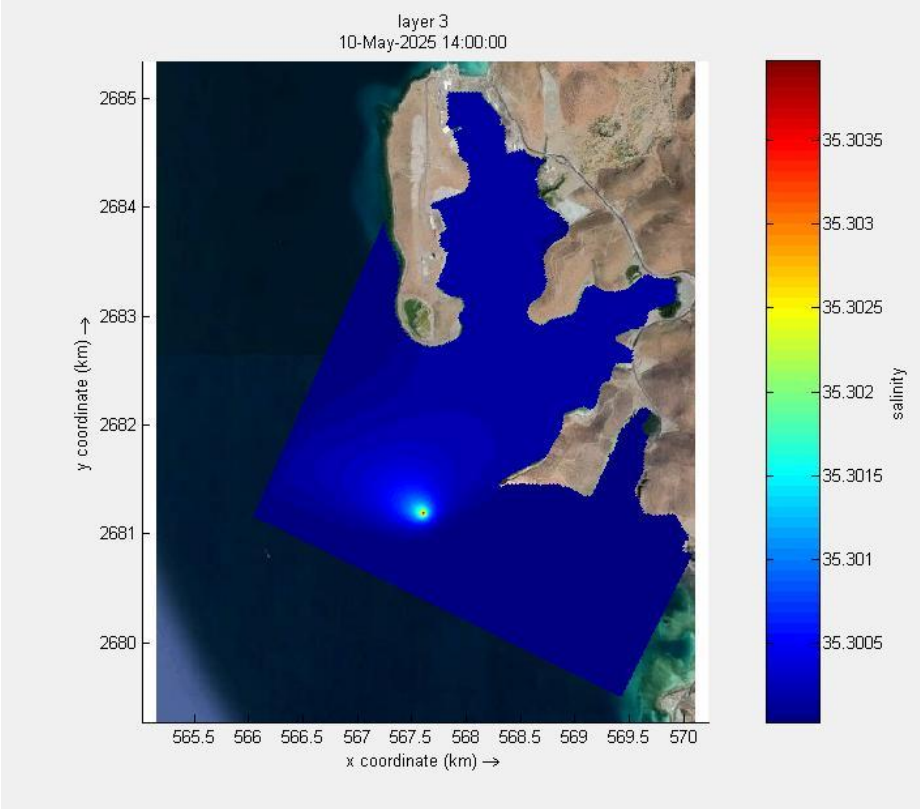


Figura 37.- Captura de pantalla de simulación en Punto III.

vii. Sitio elegido para la toma de agua marina.

Se eligió el Punto I para la toma de agua marina que alimentará la PDOI dado que cuenta con los siguientes atributos:

- Es el punto más alejado de la zona de influencia del Puerto de Pichilingue y de las áreas detectadas con mayor cantidad de materia orgánica (observables por la presencia de la especie indicadora *Ulva Lactuca*).
- Para la época en la que se corrieron los escenarios de modelación (primavera-verano), no se tiene evidencia de que las corrientes (vectores de corrientes en las Figuras 13 y 14) se muevan en dirección de oeste a este, lo cual indica que no podrían darse las condiciones para que el agua de alta densidad de la descarga (Punto III) podrían alcanzar el área de toma.
- Los vectores de velocidad de las modelaciones llevadas a cabo en este trabajo muestran una corriente permanente saliendo del área sur Punta Colorada con rumbo noroeste y oeste.
- Entre el punto III y el Punto I hay una distancia mayor a los 500 metros.

Los atributos arriba señalados nos dan la certeza de que el sitio elegido para la toma de agua para alimentación de la PDOI podrá funcionar sin interferencias con el sitio elegido para la descarga de la PDOI (PIII). Se recomienda que se ubique a la profundidad de 20 metros alejado del área de mayor cantidad de luz incidente y con ello optimizar el proceso de toma de agua marina.

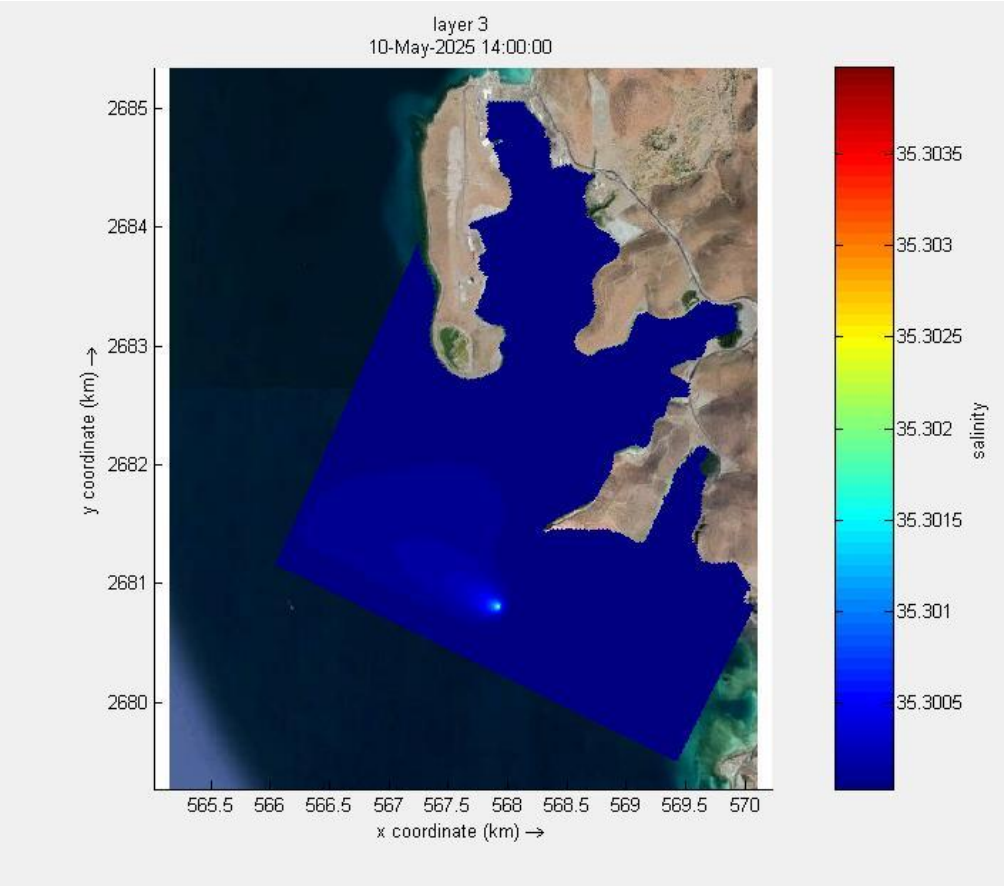


Figura 38.- Captura de pantalla de simulación en Punto I.

g. Consideraciones finales de los resultados de modelación de escenarios de la etapa 1 y preparativos para la modelación de la etapa dos y completar el ciclo anual.

Se han presentado los resultados de la modelación de los 6 escenarios para las condiciones de primavera-verano. a partir de las variables oceanográficas registradas en la bibliografía; principalmente corrientes, temperatura, salinidad, corrientes inducidas por la marea, lluvias y vientos.

Se modeló por segunda vez cada uno de los escenarios aumentando la velocidad de la corriente a 0.3 m/s en lugar de los 0.1 m/s del inicio. Esta modificación a una sola de las variables del modelo arrojó información muy valiosa acerca de la respuesta del modelo y con las nuevas condiciones de las corrientes se obtuvo un resultado igual para la dispersión de la descarga de la PDOI.

El resultado de la segunda modelación nos permite concluir que los sitios elegidos para la toma y descarga del agua para el proceso de la PDOI son los óptimos en esta temporada (primavera-verano.

A pesar de la gran importancia que tiene la Bahía de La Paz por sus características ambientales únicas, se tienen pocos estudios acerca de las condiciones oceanográficas locales. Por ello, la modelación de escenarios aquí presentada deberá ser reforzada por una segunda etapa que incluya las condiciones de otoño-invierno.

Se requiere que la modelación de escenarios para estos sitios PI (para la toma de agua) y PIII (para la descarga de agua) se lleve a cabo para la época de huracanes. Esto con la finalidad de revisar varios aspectos:

- Describir el comportamiento de las corrientes en el caso de un escenario de presencia de tormenta tropical en, o cerca de la Bahía de La Paz.
- Definir si es necesario instalar en el extremo del tubo de descarga alguna clase de difusor que aumente la velocidad de la salida del agua proveniente de la PDOI.
- En caso de que sea necesario instalar el difusor, elegir las características de orientación y ángulo en el que se debería instalar para el óptimo funcionamiento de la dispersión del agua de descarga de la PDOI para lograr el funcionamiento óptimo del sistema a lo largo de todo el año.

Las características geográficas únicas de la Bahía de La Paz, en particular su naturaleza semi-cerrada y poco profunda, amplifican su vulnerabilidad tanto a los impactos ciclónicos directos como indirectos, afectando no solo la infraestructura humana sino también los delicados ecosistemas marinos dentro de la bahía.

Por esa razón la modelación de los escenarios con las variables referidas a la época de huracanes (ciclones tropicales), acompañada de mediciones in situ de las corrientes locales es indispensable para asegurar que a lo largo del año el sistema de la PDOI funcionará adecuadamente y sin afectar el área circundante.

Desde el inicio de los registros completos en 1949, la Bahía de La Paz y su municipio circundante han experimentado aterrizajes directos de al menos dos ciclones tropicales: la Depresión Tropical Calvin en 1993 y el Huracán Lorena en 2019. Más allá de estos aterrizajes directos, la región ha sido impactada significativamente por varios otros sistemas poderosos, incluyendo los huracanes Juliette (2001), Odile (2014), Newton (2016), la Tormenta Tropical Lidia (2017) y el Huracán Olaf (2021). El registro histórico demuestra de manera inequívoca que los ciclones tropicales que tocan tierra a cientos de kilómetros de distancia, en el extremo sur de la Península de Baja California, pueden infligir daños graves y generalizados en la ciudad de La Paz, lo que subraya el amplio alcance de los peligros de los huracanes.

6. CONCLUSIONES.

- Los resultados de las simulaciones del modelo Delft3D para el área de estudio son satisfactorios para los seis escenarios planteados **para la temporada de primavera-verano,** con las condiciones de entrada al modelo y las corrientes de fondo descritas en este análisis, la dispersión del agua de alta densidad proveniente de la PDOI tiene un comportamiento que se explica más por la cantidad del flujo (15 l/s) en los primeros metros; es decir, en el campo cercano.

- La descarga de la PDOI que en el punto de origen presenta una salinidad de 70 ppt (partes por mil), **se va a diluir a la salinidad del medio circundante a los 44 metros con estas condiciones ambientales**.

- Para la época en la que se corrieron los escenarios de modelación (primavera-verano), no se tiene evidencia de que las corrientes (vectores de corrientes en la ***Figura 27***, la ***Figura 28*** y la ***Figura 29***) se muevan en dirección de noroeste sureste, lo cual indica que **no podrían darse las condiciones para que el agua de alta densidad de la descarga (Punto III) llegara a alcanzar el área de toma**.

- En el sitio ubicado como Punto III se cuenta con la ventaja de que para la época de primavera-verano, se obtienen en los escenarios modelados, vectores de corriente que muestran una **tendencia continua a la salida de las masas de agua desde Punta Colorada y hacia las cotas más profundas en sentido noroeste y oeste, alejándose del área de interés de Balandra** y de los esteros Caleta Bahía Falsa y Puerto Gato. Por esa razón y por su cercanía a la zona rocosa de Punta Colorada, se eligió el sitio óptimo para la descarga de la PDOI.

- En el sitio ubicado como **Punto I** se cuenta con la ventaja de que **es el sitio más alejado de la Bahía de Pichilingue**, por lo que en este sentido **la calidad del agua** tendrá mejores condiciones. Adicionalmente, en este punto los vectores de corriente van por lo general (en la época de primavera-verano) en sentido sureste-noroeste, lo cual garantiza que la salida de agua de alta densidad no podría afectar a la toma de agua para la PDOI.

7. RECOMENDACIONES.

- La ubicación y el diseño de la descarga de salmuera deben considerar cuidadosamente el régimen de corrientes a lo largo del año. Analizarse las direcciones predominantes de las corrientes (este, sureste, noroeste) esta información es indispensable para **prever la trayectoria de la pluma de salmuera,** mientras que la ocurrencia de corrientes extremas en condiciones únicas es vital para evaluar el peor escenario de dispersión y asegurar que el diseño de la descarga mitigue cualquier impacto ambiental negativo; por ello se recomienda:

  1) Realizar **modelación numérica** considerando las corrientes típicas de la **época de otoño** (cuando se presentan los huracanes) y de invierno (diversidad de corrientes y masas de agua fría).

  2) Confirmar la dirección y velocidades de las corrientes de fondo mediante mediciones en campo de velocidades de corriente, salinidad y temperatura para la temporada de ocurrencia de ciclones tropicales, con el fin de **asegurar que los sitios elegidos en esta etapa 1** de modelaciones seguirán contando con condiciones similares de salida de las corrientes hacia zonas más profundas y que además las corrientes desde el Punto III al Punto I sean en sentido sureste-noroeste, garantizando a lo largo del año que la entrada de agua a la PDOI sea siempre con la salinidad del medio, para lograr la mayor eficiencia del proceso.

  3) Una vez que se cuente con la información de resultados de modelaciones numéricas para la temporada de **ocurrencia de ciclones tropicales**, se contará con todos los elementos para definir el **ángulo y orientación de difusores para la descarga de agua de la PDOI**. El objetivo es mejorar la dispersión de la pluma hacia las zonas más bajas (mayores a 22 m de profundidad), alejadas de Punta Colorada y alejadas de la zona de toma de agua de alimentación para la PDOI.

- Por lo que toca a Los impactos ambientales negativos de la descarga de salmuera de una planta desalinizadora, estos pueden minimizarse mediante una planificación adecuada de la operación de la PDOI y el monitoreo continuo de las variables de salinidad y temperatura del medio circundante Las características del efluente dependen del agua de alimentación y de la tecnología de desalinización utilizada.

- Las medidas de mitigación del impacto varían según el tamaño y el tipo de planta, las comunidades biológicas en la zona de descarga y las características hidrogeológicas de la zona; por ello, deberá **establecerse un programa de monitoreo ambiental diseñado para evaluar la distribución de la pluma de salmuera** a lo largo del tiempo, al tiempo que se monitorea la flora y fauna marina.
- De acuerdo con los resultados del modelo Delft3D l**a descarga se dispersa a los 44 metros del punto de origen;** esto significa que los **impactos en el medio** serán **insignificantes, localizados y no importantes.**
- Se describe de forma sintetizada el contenido mínimo que deberá incluir un programa periódico de monitoreo ambiental de la PDOI, que servirá para evaluar los impactos.

a. Programa periódico de monitoreo ambiental.

El programa periódico de monitoreo ambiental deberá contener mínimamente:

- La línea base ambiental de la flora y fauna de la zona donde se ha elegido la ubicación de los sitios de toma de agua marina (PI) y descarga de la PDOI (PIII).
- Implementar monitoreos periódicos de salinidad y temperatura en el área de descarga con lo cual se podrá contar con mapas de estratificación local.

i. Monitoreos periódicos de salinidad y temperatura en el área de descarga y área de toma de agua para la PDOI.

- Se cuenta con muy limitada información científica acerca de las características de los organismos del plancton, la flora y fauna marina nectónica y los organismos bentónicos que habitan el sustrato en la zona. (alrededor del área de Punta Colorada), por ello se recomienda que se **lleve a cabo un estudio de línea base para la determinación de las especies que forman estos grupos de organismos, previo a la operación y sentar las bases de referencia.**
- La línea base servirá como punto de partida para **demostrar** que la descarga de agua de alta densidad de la PDOI en efecto se diluye en un rango de distancia corto y **no afecta a los organismos bentónicos y nectónicos** debido a la rápida dilución.
- En lo que respecta a la toma de agua marina, se puede decir que, típicamente los organismos del plancton, peces y moluscos pequeños pueden ser arrastrados por el bombeo de las estructuras en el fondo marino. En este estudio se ha venido

recomendando al promovente que la estructura se ubique a 20 metros de profundidad, con el fin de proteger y **reducir al máximo la posibilidad de ese arrastre**; sin embargo, este podría ocurrir de igual forma, aunque con un menor impacto. La línea base en este caso servirá para dar certeza a la empresa promovente de que el proyecto considera todas las medidas necesarias para evitar los impactos significativos y adversos en este componente de la flora y fauna marina.

- En todos los casos de los **estudios de línea base** que se recomiendan; serán el punto de partida de la **condición actual del componente biótico** en el sitio de estudio. Los datos servirán como métrica de los futuros planes de monitoreo y vigilancia de la empresa para garantizar tanto el cumplimiento con las medidas establecidas por la autoridad, como el buen funcionamiento de los equipos de la Planta Desaladora de Osmosis Inversa.

ii. Monitoreo de flora y fauna marina en el área de descarga y área de toma de agua para la PDOI.

- La calidad de las **mediciones locales de alta precisión** podrá detectar las variaciones pequeñas pero significativas de la salinidad, que de otra forma podrían pasar inadvertidas y ser caracterizadas de forma imprecisa, lo que conduce a modelos y predicciones climáticas inexactos. La mejora de la calidad de los datos de salinidad, especialmente los obtenidos por satélite, ha demostrado un fuerte impacto en la mejora de los modelos de circulación marina. Por lo tanto, se recomienda **contar con la mayor precisión en la medición** que se traduce directamente en u**na mejor capacidad para modelar y predecir** el clima global y la salud de los océanos. (Le Menn M. y Nair, R. 2022)

8. BIBLIOGRAFÍA

Berezowsky-Verduzco M. and Mejía-González M.A., 1993. Ingeniería Hidráulica en México. Vol VIII, Num. 2-3, pags:7-16.

Copernicus Climate Change Service (C3S) (2017): ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalysis of the global climate.

De Goede, E., 2020. "Historical overview of 2D and 3D hydrodynamic modelling of shallow water flows in the Netherlands."Journal of Ocean Dynamics70(4): 521–539. doi.org/10.1007/s10236-019-01336-5.

GEBCO Compilation Group (2020) GEBCO 2020 Grid (doi:10.5285/a29c5465-b138-234d-e053-6c86abc040b9).

Herrera-Cervantes, H, E.F. Balart, E.J. Beier. 2017. Red de monitoreo ambiental para el estudio de la variabilidad océano-atmósfera en la Bahía de La Paz, BCS, México. https://www.researchgate.net/publication/322702236

Jenkins, S. A. 2004. Hydrodynamic Analysis of Near-shore Dispersion and Dilution of Brine Discharge from the Proposed N.S.C. Agua Ocean Desalination Project Co-located at the Benito Juárez Thermoelectric Plant, Rosarito Beach, Baja California. Consolidated Water company.

Jenkins, S. A., J. Paduan, P. Roberts, D. Schlenk, and J. Weis, 2012. "Management of Brine. Discharges to Coastal Waters; Recommendations of a Science Advisory Panel", submitted at the request of the California Water Resources Control Board, Southern California Coastal Water Research Project, Tech. Rpt. 694, 56 pp.

Le Menn M. y Nair, R. 2022. Review of acoustical and optical techniques to measure absolute salinity of seawater. Frontiers in Marine Science. 9:1031824. doi: 10.3389/fmars.2022.1031824

López Fernández, Guiomar, 2010. Desarrollo de un modelo neurodifuso (anfis) para la predicción de la salinidad en zonas afectadas por el vertido de plantas desalinizadoras. Tesina de master universitario en gestión integrada de zonas costeras. Universidad de Cantabria. España

Lyard, F. H., Allain, D. J., Cancet, M., Carrère, L., and Picot, N. 2012. FES2014 global ocean tide atlas: design and performance, Ocean Sci., 17, 615–649, https://doi.org/10.5194/os-17-615-2021, 2021.

Martínez Flores G. Cervantes Duarte R. González Rodríguez E. 2006. Caracterización de la temperatura superficial del mar y climatología de la Bahía de La Paz, B.C.S., México. CICIMAR Oceánides, 2448-9123. México.

Pantoja, D.A., Marione, S.G. Parés-Sierra, A. y Gómez-Valdivia, F. 2012.Modelación numérica de la hidrografía y circulación estacional y de mesoescala en el Pacífico central mexicano. Ciencias Marinas (2012), 38(2): 363–379

PREDMAR, 2020. Programa de mareas (MARV09). CICESE. http://predmar.cicese.mx/programa

Sánchez-Velazco L. Beier E., Ávalos-Garcia C. Y Lavín M.F. Arreglos larvarios de peces y circulación geostrófica en la Bahía de La Paz y la región adyacente del suroeste del Golfo de California. Journal of Plankton Research, 28(11):1081-1098.

SEMARNAT, 2018. Programa de Acción para la Conservación de la Especie Tiburón Ballena (Rhincodon typus), SEMARNAT/ CONANP, México (Año de edición 2018).

Southwest Florida Water Management District, Electric Power Research Institute, and University of South Florida.

Turrent, C. y O. Zaitsev. 2014. Seasonal cycle of the near-surface diurnal wind field over the Bay of La Paz, México. Bourdary-Layer Meteorol. 151:353-371.

Welch, M.R., 2011, “Seawater Desalination Discharges: Use of In-Plant Dilution. Water for Reducing Salinity Effects”, submitted to Poseidon Resources, 8pp.

Zaytsev, O, A.B. Rabinovich, R.E. Thomson y N. Silverberg. 2010. Intense diurnal surface currents in the bay of La Paz, Mexico. Continental Shelf Research, 30:608-619