DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
MODALIDAD B (DTU-B)

“CASA DE PLAYA, UBICADA EN PUERTA ARISTA, MUNICIPIO DE TONALÁ, CHIAPAS”

CAPÍTULO 1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO Y DEL PROMOVENTE

PROMOVENTE: MANUEL FRANCISCO ANTONIO PARIENTE GAVITO

MAYO, 2026

Contenido

CAPÍTULO 1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO Y DEL PROMOVENTE 1
1.1. Datos generales del Proyecto 1
1.1.1. Nombre del Proyecto 1
1.1.2. Ubicación del Proyecto 1
1.1.3. Duración del Proyecto 2
1.2. Datos generales del Promovente 3
1.2.1. Nombre o Razón Social 3
1.2.2. Registro Federal de Contribuyentes 3
1.2.3. Datos del Representante Legal 3
1.2.4. Ubicación (dirección) del Promovente para oír y recibir notificaciones 3
1.3. Datos de inscripción en el Registro del prestador de Servicios Forestales que haya elaborado el estudio y del que estará a cargo de la ejecución del Cambio de Uso de Suelo 3
1.3.1. Nombre o Razón Social 3
1.3.2. Registro Federal de Contribuyentes 3
1.3.3. Domicilio del Responsable Técnico del estudio 3
1.3.4. Número y Libro de Inscripción en el Registro Forestal Nacional 4

Lista de Figuras

Figura 1. Macrolocalización del Proyecto. 1
Figura 2. Microlocalización del Área del Proyecto. 2

CAPÍTULO 1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO Y DEL PROMOVENTE

1.1. Datos generales del Proyecto

1.1.1. Nombre del Proyecto

"Casa de playa, ubicada en Puerta Arista, municipio de Tonalá, Chiapas"

1.1.2. Ubicación del Proyecto

El Proyecto se localiza dentro del Municipio de Tonalá, el cual forma parte de la Región Socioeconómica IX denominada "Región IX Istmo Costa", en el Estado de Chiapas, como se observa en la Figura 1. El Municipio colinda al Norte con los Municipios de Arriaga y Villaflores, al Este con Villacorzo, al Sur con Pijijiapan y al Oeste con el Océano Pacifico. Además, forma parte de la zona costera del Estado de Chiapas.

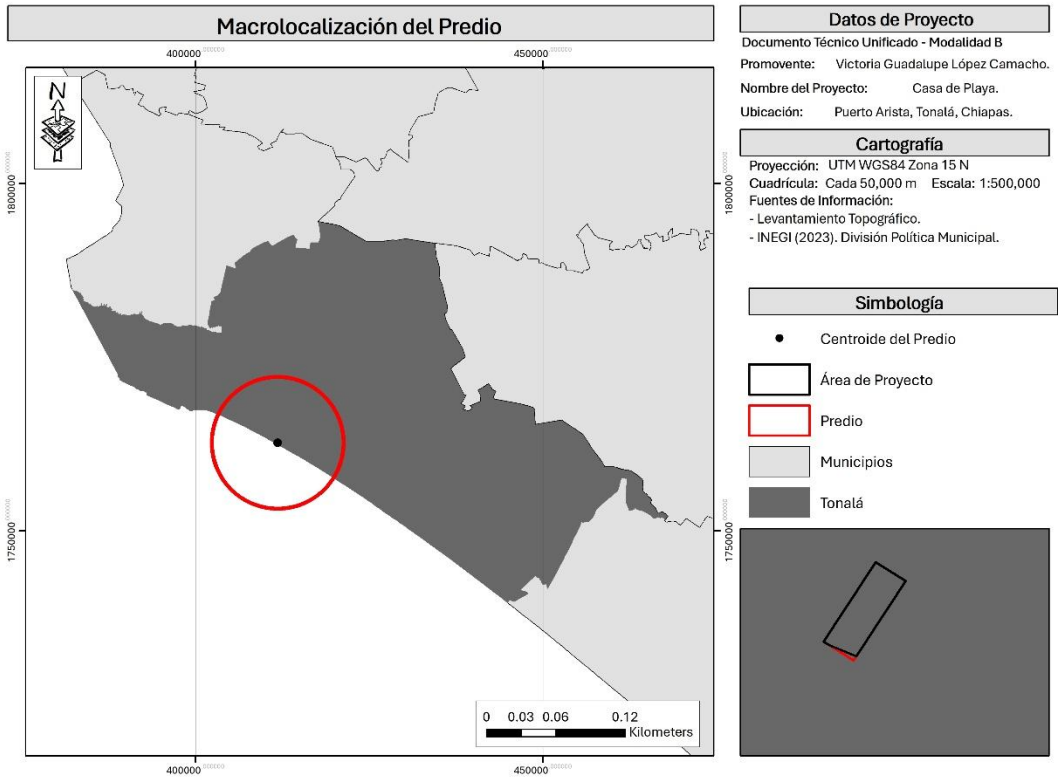


Figura 1. Macrolocalización del Proyecto.

De forma específica, se encuentra dentro de la Fracción de predio sub-urbano denominado 6-A, cercano a la localidad de Puerto Arista, en el municipio de Tonalá, Chiapas. En la Figura 2 se observa la Microlocalización del Proyecto:

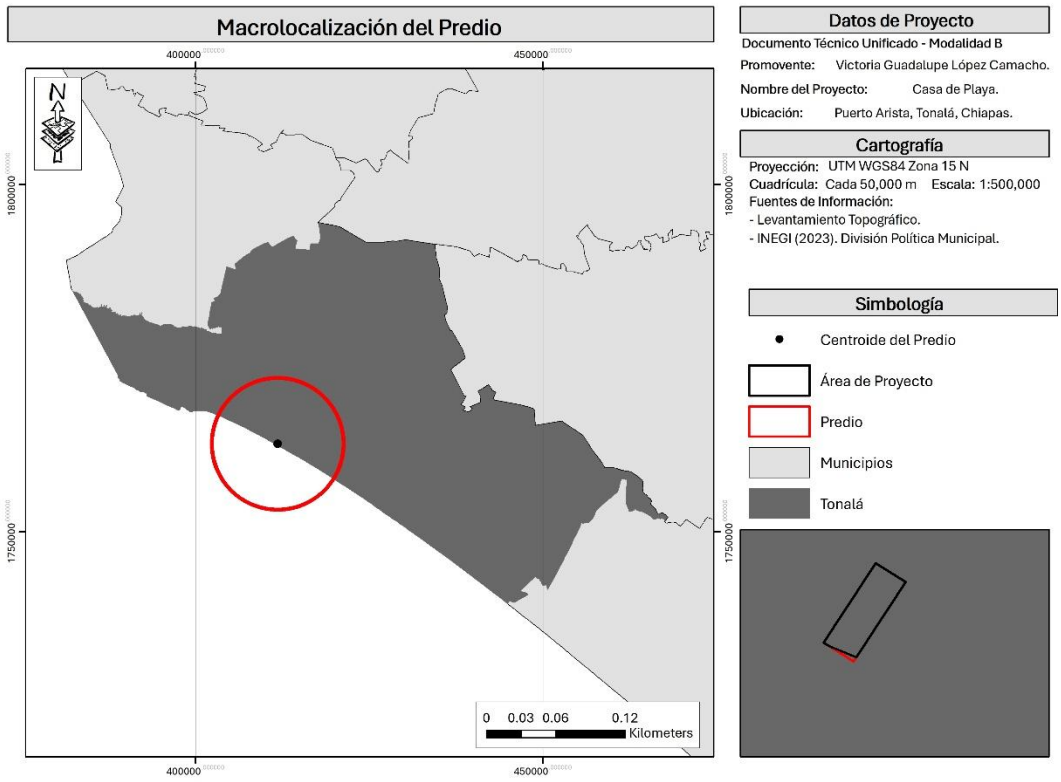


Figura 2. Microlocalización del Área del Proyecto.

Las localidades más cercanas al sitio son El Zapotal (690 m al oeste) y Miguel Hidalgo Número Dos (Veinte de Noviembre) (1.54 km al Norte). Se ubica a 1.93 km del centro de la Localidad Puerto Arista, en donde se encuentra inmerso.

1.1.3. Duración del Proyecto

Para la ejecución de las actividades pertenecientes al **Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF)** se llevará a cabo en su totalidad en un periodo de 6 meses. Por su parte, las actividades relacionadas a la construcción del inmueble, posterior al término de las actividades de CUSTF.

Aunado a lo anterior, se contempla un mínimo de 5 años para el seguimiento del Programa de Reforestación, las Obras de Conservación de Suelo y Agua, así como del Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre.

En cuanto a la vida útil de las obras resultantes, debido a la naturaleza del proyecto, se estima que será de 50 años, misma que puede ser extendida por los mantenimientos que los residentes apliquen al inmueble.

1.2. Datos generales del Promovente

1.2.1. Nombre o Razón Social

C. Manuel Francisco Antonio Pariente Gavito

Se adjunta copia de la Identificación Oficial del Promovente en los Anexos.

1.2.2. Registro Federal de Contribuyentes

RFC: [redacted]

Se adjunta copia de la Constancia de Situación Fiscal del Promovente en los Anexos.

1.2.3. Datos del Representante Legal

No aplica

1.2.4. Ubicación (dirección) del Promovente para oír y recibir notificaciones

- **Dirección:** [redacted]
- **Teléfono:** [redacted]
- **Correo Electrónico:** [redacted]

1.3. Datos de inscripción en el Registro del prestador de Servicios Forestales que haya elaborado el estudio y del que estará a cargo de la ejecución del Cambio de Uso de Suelo

1.3.1. Nombre o Razón Social

Ing. José Rafael Ramos Moreno

Se adjunta copia de la identificación oficial del prestador de servicios.

1.3.2. Registro Federal de Contribuyentes

RFC: [redacted]

Se adjunta copia de la Constancia de Situación Fiscal del prestador de servicios.

1.3.3. Domicilio del Responsable Técnico del estudio

- **Dirección:** [redacted]
- **Teléfono:** [redacted]
- **Correo Electrónico:** [redacted]

1.3.4. Número y Libro de Inscripción en el Registro Forestal Nacional

Nombre: José Rafael Ramos Moreno

Registro Forestal Nacional (RFN): Libro CHIS, Tipo UI, Volumen 2, Número 4, de fecha 06 de noviembre de 2000, autorizado mediante Oficio Núm. SRN/2192/2000, tal y como lo establece la Constancia de Inscripción en el Registro Forestal Nacional con Oficio No. 127OR/SGPA/UARRN/DSFS/3236/24.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
MODALIDAD B (DTU-B)

“CASA DE PLAYA, UBICADA EN PUERTA ARISTA, MUNICIPIO DE TONALÁ, CHIAPAS”

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y DEL USO O LOS USOS QUE SE PRETENDEN DAR AL TERRENO

PROMOVENTE: MANUEL FRANCISCO ANTONIO PARIENTE GAVITO

MAYO, 2026

Contenido

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y DEL USO O LOS USOS QUE SE PRETENDEN DAR AL TERRENO 1

2.1. Información del Proyecto 1

2.1.1. Naturaleza y objetivo del proyecto 1

2.1.2. Justificar porque los terrenos son apropiados al nuevo uso 2

2.1.3. Ubicación y superficie total del o los polígonos donde se pretenda realizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, precisando su localización geográfica en los planos del predio correspondientes, los cuales deberán estar georreferenciados y expresados en coordenadas UTM 3

2.1.3.1. Ubicación Geopolítica (Estado, Municipio, Ejido, Comunidad o Paraje) 3

2.1.3.2. Ubicación en el contexto de la Región Hidrológica (Cuenca, Subcuenca, Microcuenca) 6

2.1.3.3. Ubicación geográfica mediante coordenadas (UTM o Geográficas) de los vértices del Polígono que delimite el área sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales 7

2.1.3.4. Indicar si el Proyecto se ubica dentro de algún ANP, Región Terrestre Prioritaria, Región Hidrológica Prioritaria, Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, etc. 10

2.1.3.4.1. Áreas Naturales Protegidas 10

2.1.3.4.2. Regiones Prioritarias para la Conservación 12

2.1.3.4.3. Convención de Ramsar 13

2.1.4. Inversión requerida 13

2.2. Características particulares del Proyecto 13

2.2.1. Dimensiones del proyecto 14

2.2.2. Preparación del sitio y construcción 14

2.2.2.1. Actividades previas al Cambio de Uso de Suelo 14

2.2.2.2. Actividades por desarrollar durante el Cambio de Uso de Suelo. 15

2.2.2.2.1. Medidas de Prevención, Mitigación y Compensación. 17

2.2.2.3. Actividades por desarrollar después del Cambio de Uso del Suelo. 25

2.2.2.3.1. Reforestación 25

2.2.2.3.2. Obras de Conservación de Suelo y Agua. 26
2.2.3. Construcción 26
2.2.3.1. Especificaciones de los procesos constructivos por obra 27
2.2.4. Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto 29
2.2.5. Obras asociadas al proyecto 29
2.2.6. Estimación del volumen en metros cúbicos, por especie y por predio de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso del suelo 29
2.2.6.1. Metodología de muestreo para la estimación de volumen 29
2.2.6.2. Estimación del volumen por especie por predio o predios 30
2.2.7. Abandono del Sitio 30
2.2.8. Operación y mantenimiento 31
2.2.9. Cronograma de actividades del proyecto 32
2.2.10. Generación y manejo de residuos líquidos y emisiones a la atmósfera 35
2.2.11. Residuos 35
2.2.11.1. Usos para el que serán destinados los productos maderables restantes . 37

Lista de Tablas

Tabla 1. Criterios de Selección del Área del Proyecto. 3
Tabla 2. Coordenadas UTM WGS84 Zona 15 Norte del Predio. 5
Tabla 3. Jerarquización Hidrológica del Área del Proyecto. 6
Tabla 4. Coordenadas UTM del área del proyecto. 7
Tabla 5. Desglose de áreas del proyecto. 10
Tabla 6. Resumen de superficies. 10
Tabla 7. Desglose de obras del proyecto. 14
Tabla 8. Coordenadas que delimitan la superficie de muestreo (área de CUSTF). 29
Tabla 9. Programa General de Trabajo del Proyecto. 35

Lista de Figuras

Figura 1. Macrolocalización del Proyecto. 4
Figura 2. Microlocalización del Área del Proyecto. 4

Figura 3. Ubicación del Predio. 5
Figura 4. Ubicación del Proyecto respecto a la Región Hidrológica. 7
Figura 5. Ubicación del área del proyecto. 8
Figura 6. Ruta de acceso al Área del Proyecto. 9
Figura 7. Ubicación del Proyecto respecto a las Áreas Naturales Protegidas de competencia Federal. 11
Figura 8. Ubicación del Proyecto respecto a las Áreas Naturales Protegidas de competencia Estatal. 12
Figura 9. Localización del área de reubicación de Flora. 22
Figura 10. Localización del área de reubicación de Fauna. 25
Figura 11. Localización del área de reforestación. 26

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y DEL USO O LOS USOS QUE SE PRETENDEN DAR AL TERRENO

2.1. Información del Proyecto

2.1.1. Naturaleza y objetivo del proyecto

El Proyecto consiste en la ejecución de un Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) en una superficie de 2,449.397 m^2 (0.2449 Ha), en donde se realizará el establecimiento de una casa de playa, dentro de un predio con superficie total de 2,501.00 m^2 correspondiente a la superficie total de la Fracción de Predio sub – urbano denominado 6-A que, ubicado en la localidad de Puerto Arista, en el Municipio de Tonalá, Chiapas.

Por lo anterior, se establece la superficie de 2,501.00 m^2 (0.2501 Ha) como Área del Predio, y la superficie de 2,449.397 m^2 (0.2449 Ha) como Área del Proyecto y Área de CUSTF.

El Proyecto busca como la ejecución de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, así como la construcción, operación y mantenimiento de una casa de playa para uso habitacional y descanso. Se encuentra planteado bajo el objetivo de permitir a la Promovente la oportunidad de disponer de un patrimonio, en este caso, poder ejecutar el establecimiento de una vivienda dentro de un predio de su propiedad que cuenta con acceso a los servicios básicos y con vías de comunicación; sin dejar de lado, la posición y compromiso de la Promovente por la gestión ambiental responsable, apegándose al cumplimiento de la legislación aplicable y vigente.

Es importante resaltar que la vivienda representa un lugar importante para el desarrollo del ser humano y fundamental para el bienestar y desarrollo de las personas, al proporcionar seguridad, estabilidad y un sentido de pertenencia. De acuerdo a la Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948, la vivienda adecuada forma parte del derecho humano a un nivel de vida adecuado, de acuerdo a lo establecido en su artículo 25°; tal y como también lo expresa el Artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su párrafo noveno, en el que menciona que "*Toda persona tiene derecho a disfrutar de vivienda adecuada (…)".* De esta manera, la actividad posterior al CUSTF toma un gran sentido de importancia y relevancia.

Debido a la ubicación de la casa de playa, además de su uso habitacional, se podrán desarrollar actividades de descanso, ocio y esparcimiento, pudiendo disfrutar de los atractivos que la zona ofrece, de forma responsable, contribuyendo paralelamente al consumo y beneficio de sus comercios; aunado a lo antepuesto, se generarán ingresos económicos por la participación de los habitantes locales en las actividades económicas que

el Promovente pueda generar, como es el caso de la limpieza y mantenimiento de las instalaciones de la casa de playa.

Por su ubicación en un terreno con vegetación de dunas costeras, la ejecución de actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales es relevante y requerida.

La ejecución del CUSTF, se llevará a cabo durante un periodo total de 6 meses en una sola etapa, mientras que para las actividades de construcción de las obras del proyecto se ha designado un periodo de 1 año. La vivienda será destinada para uso habitacional y descanso, por lo que su operación consistirá en la ocupación por los residentes y las actividades que estos realicen, siempre tomando en cuenta las medidas establecidas para que su uso no represente afectación al medio ambiente.

Para acceder al Proyecto serán utilizados las avenidas y vías de comunicación existentes, que conectan al predio con el centro de la localidad de Puerto Arista, así como hacia las localidades vecinas y a la cabecera municipal de Tonalá, Chiapas.

Respecto a los servicios básicos, la energía eléctrica será suministrada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), mientras que el abastecimiento de agua potable se realizará por medio de pipas y el almacenamiento de dicho recurso será en contenedores tipo ROTOPLAS. Por su parte, se contratará a una Empresa autorizada para manejar y tratar las aguas residuales que se generen en los sanitarios portátiles que serán instalados durante la etapa de preparación y construcción para los trabajadores. En cuanto a las aguas residuales del establecimiento una vez en operación, serán dirigidas a un biodigestor cuyo mantenimiento será ejecutado por una empresa especializada en la materia.

El desarrollo de actividades como el desmonte, deshierbe y despalme serán necesarios para el desarrollo del proyecto, para ello, se buscará que su ejecución se realice de manera sustentable y responsable, llevando a cabo las actividades de manera progresiva a la par de acciones compensatorias que mitiguen el daño generado al medio natural.

2.1.2. Justificar porque los terrenos son apropiados al nuevo uso

Para llevar a cabo el Proyecto, será necesario llevar a cabo el CUSTF en un área de 2,449.397 m^2 (0.2449 Ha), con el objetivo de contar con las condiciones adecuadas para la construcción de la vivienda.

Para la elección de la superficie en la que será implementado el Proyecto, se consideraron los criterios enlistados en la Tabla 1:

Ámbito	Criterios
Legal	○ Contar con la posesión legal del predio por parte de la Promovente.
Técnico	○ La zona en donde se ubica el sitio del Proyecto **no** presenta fallas o hundimientos.

Ámbito	Criterios
	○ De acuerdo con el **Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio de los Paisajes Sostenibles de la Sierra Madre y Costa de Chiapas**, el Proyecto se localiza dentro de la **Unidad de Gestión Ambiental (UGA) No. 841**, con Política Ambiental de Aprovechamiento sustentable, y Política Ambiental Especifica Aprovechamiento rural sustentable, en la que se tiene como usos compatibles a los asentamientos humanos rurales (Hr), por lo que el Proyecto **no** se contrapone con el citado programa.
Ambiental	○ El Proyecto no incide dentro de algún Área Natural Protegida (ANP) de jurisdicción Federal y/o Estatal. ○ Se considera el respeto a la Flora y Fauna de la zona, y a la normatividad que aplique al cuidado de estas, contemplando la implementación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna Silvestre, una Programa de Reforestación, así como obras de restauración de dunas costeras. ○ Se aplicarán diferentes medidas de prevención, mitigación y compensación, seleccionadas con el fin de proteger la integridad de la biodiversidad que se encuentra en los alrededores del área del Proyecto, así como de los componentes ambientales del medio natural.
Socioeconómico	○ El Promovente favorecerá a la economía local, por la participación de los habitantes locales en las actividades económicas que el Promovente pueda generar. ○ Se priorizará el empleo de trabajadores de residan en la cercanía del Proyecto, en la ciudad de Tonalá. ○ Se encuentra inmerso dentro de una zona habitada y semi-urbanizada, por lo que su desarrollo no causará molestias auditivas extraordinarias.
Ubicación	○ Se encuentra conectado a vías funcionales que dirigen hacia el núcleo urbano. ○ Se encuentra fuera de los terrenos ganados al mar y zona federal marítimo terrestre. ○ Vías de comunicación existentes hacia la cabecera municipal, centros de salud, educativos, comerciales y de trabajo. ○ Localizado en la franja costera del municipio de Tonalá, permitiendo disfrutar de los atractivos turísticos que la zona ofrece, de forma responsable.

Tabla 1. Criterios de Selección del Área del Proyecto.

En resumen, la selección del sitio del Proyecto consideró que se cuenta con la posesión legal del predio por parte de la Promovente. El acceso al sitio es viable, dada la existencia de vías de comunicación, por lo que no será necesaria la apertura de nuevos caminos o proyectos adicionales de dicha índole que supongan mayor perturbación al medio natural.

2.1.3. Ubicación y superficie total del o los polígonos donde se pretenda realizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, precisando su localización geográfica en los planos del predio correspondientes, los cuales deberán estar georreferenciados y expresados en coordenadas UTM

2.1.3.1. Ubicación Geopolítica (Estado, Municipio, Ejido, Comunidad o Paraje)

El Proyecto se localiza dentro del Municipio de Tonalá, el cual forma parte de la Región Socioeconómica IX denominada "Istmo Costa", en el Estado de Chiapas, como se observa en la Figura 1. El Municipio colinda al Norte con los Municipios de Arriaga y Villaflores, al Este con Villacorzo, al Sur con Pijijiapan y al Oeste con el Océano Pacifico. Además, forma parte de la zona costera del Estado de Chiapas.

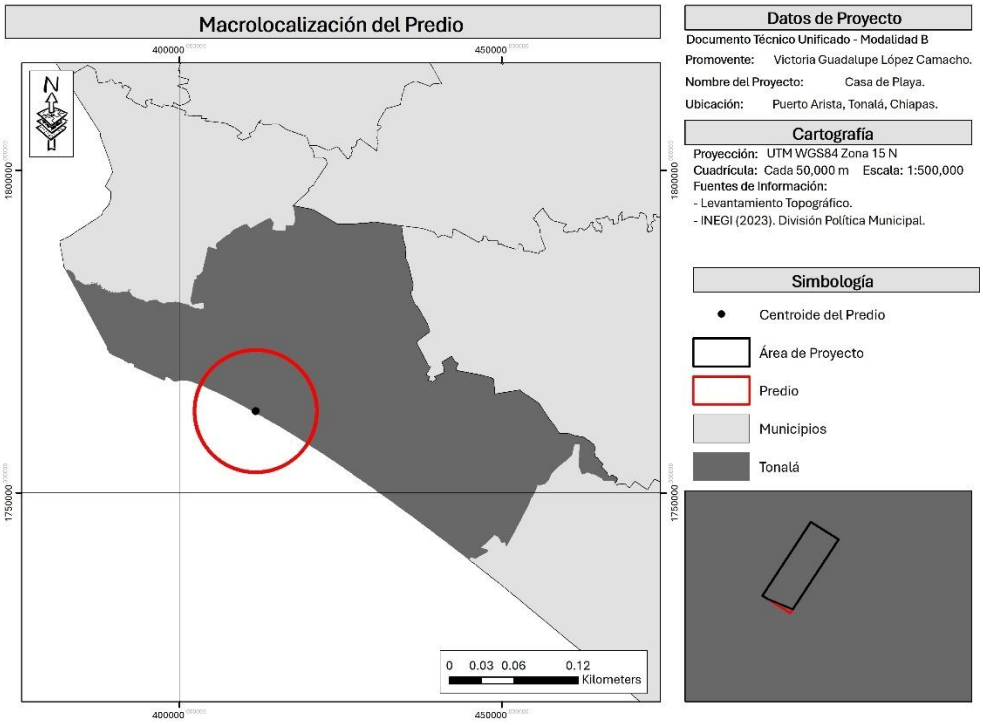


Figura 1. Macrolocalización del Proyecto.

Las localidades más cercanas al sitio son El Zapotal y Miguel Hidalgo Número Dos (Veinte de Noviembre) (1.54 km al Norte). Se ubica a 1.80 Km del centro de la Localidad Puerto Arista, en donde se encuentra inmerso, como se ilustra en la Figura 3:

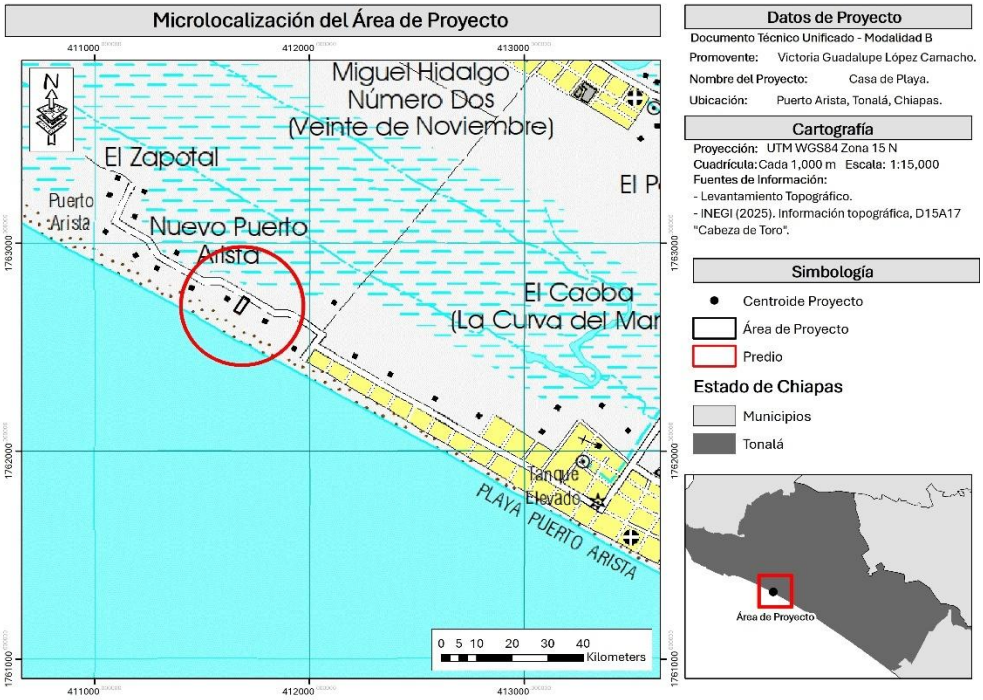


Figura 2. Microlocalización del Área del Proyecto.

De forma específica, el proyecto se encuentra dentro de la Fracción de predio sub-urbano denominado 6-A (propiedad de la Promovente) que se localiza en el Boulevard General Cesar A. Lara S/N, en la localidad de Puerto Arista, Tonalá, Chiapas; el cual cuenta con una superficie correspondiente a 2,501.00 m^2 (0.2501 Ha). En la Tabla 2 se enlistan las coordenadas UTM (Datum WGS84 Zona 15 Norte) que delimitan el área del predio y su poligonal se presenta en la Figura 4:

Vértice	X	Y
1	411720.3551	1762727.4203
2	411675.3627	1762658.8158
3	411649.5121	1762675.0004
4	411694.4815	1762743.5698

Tabla 2. Coordenadas UTM WGS84 Zona 15 Norte del Predio.

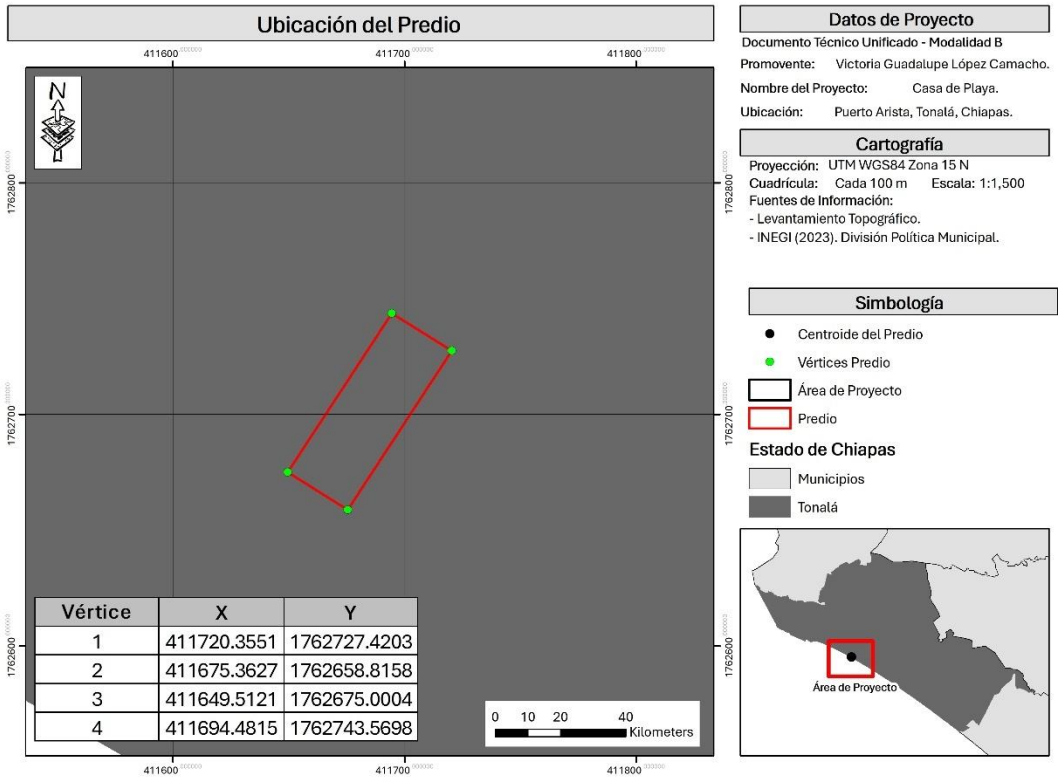


Figura 3. Ubicación del Predio.

Cabe mencionar que se acredita la legal propiedad mediante la Escritura No. 14,930 (Catorce mil novecientos treinta), Volumen Núm. 211, de fecha 15 de octubre de 2014, pasada ante la fe del Lic. Fernando Rodríguez Narváez, titular de la Notaría Pública número 47 del Estado de Chiapas (se adjunta copia simple de dicho instrumento en los Anexos).

2.1.3.2. Ubicación en el contexto de la Región Hidrológica (Cuenca, Subcuenca, Microcuenca)

De acuerdo con el ***Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)*** señala en su ***Artículo 141, fracción III*** que los Estudios Técnicos Justificativos para CUSTF deberán contener "*la descripción de los elementos físicos y biológicos de la Cuenca Hidrográfica, subcuenca y microcuenca, donde se encuentra ubicada la superficie solicitada…*". Asimismo, la delimitación del área de estudio debe realizarse considerando ya sea la cuenca, subcuenca o microcuenca hidrológico-forestales en donde se ubica el Proyecto.

Por lo tanto, considerando lo anterior y tomando en cuenta el *Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las Cuencas Hidrológicas de la Laguna Mar Muerto A, Tapanatepec, Laguna Mar Muerto B, Las Arenas, La Punta, Laguna Mar Muerto C, Sanatenco, Laguna De La Joya, Jesus, El Porvenir, San Diego, Pijijiapan, Margaritas Y Coapa, Novillero Alto, Sesecapa, Cacaluta, Laguna Del Viejo Y Temblader, Despoblado, Huixtla, Huehuetan, Coatan, Puerto Madero, Cahuacan, Cozoloapan Y Suchiate, mismos que forman parte de la Region Hidrológica Numero 23 Costa De Chiapas,* en seguida se presenta la jerarquización hidrológica, para poder realizar la delimitación del área de estudio.

Región Hidrológica	Cuenca Hidrológica	Subcuenca Hidrológica	Microcuenca
No. 23 (RH23) "Costa de Chiapas"	(RH23D) "Laguna Mar Muerto"	(RH23Db) "Mar Muerto"	"Puerto Arista"

Tabla 3. Jerarquización Hidrológica del Área del Proyecto.

Con base en lo anterior, en la Figura 8 se ilustra gráficamente la jerarquización hidrológica del Proyecto, misma que coincide con lo plasmado en la Tabla anterior:

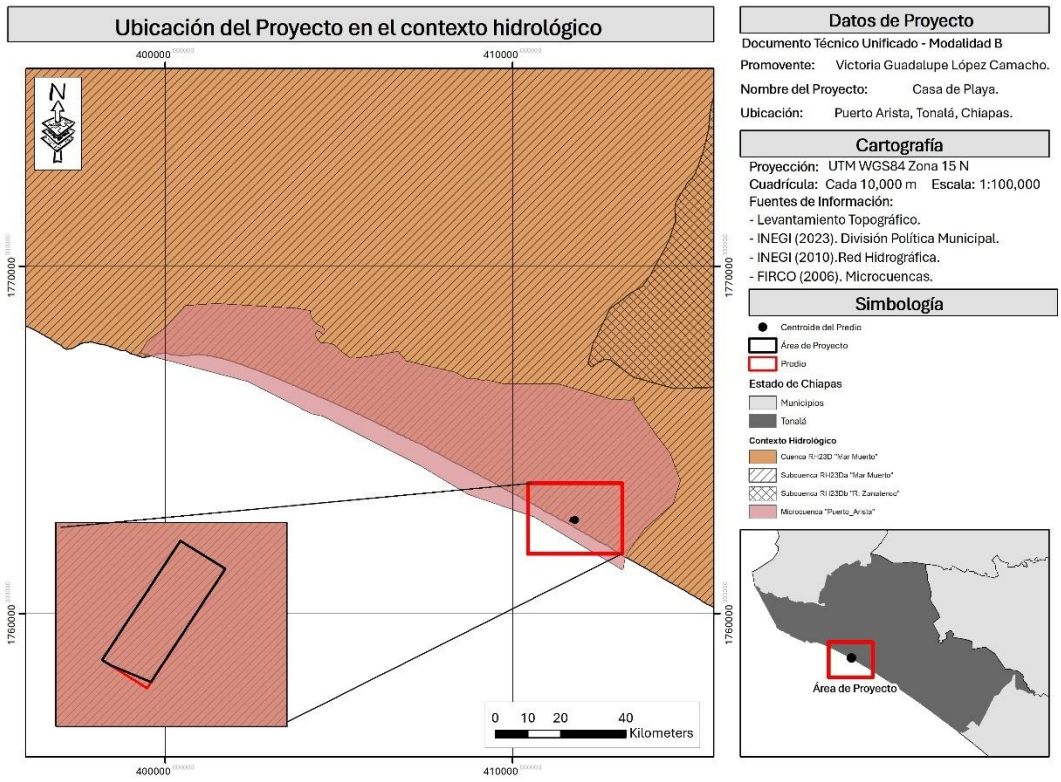


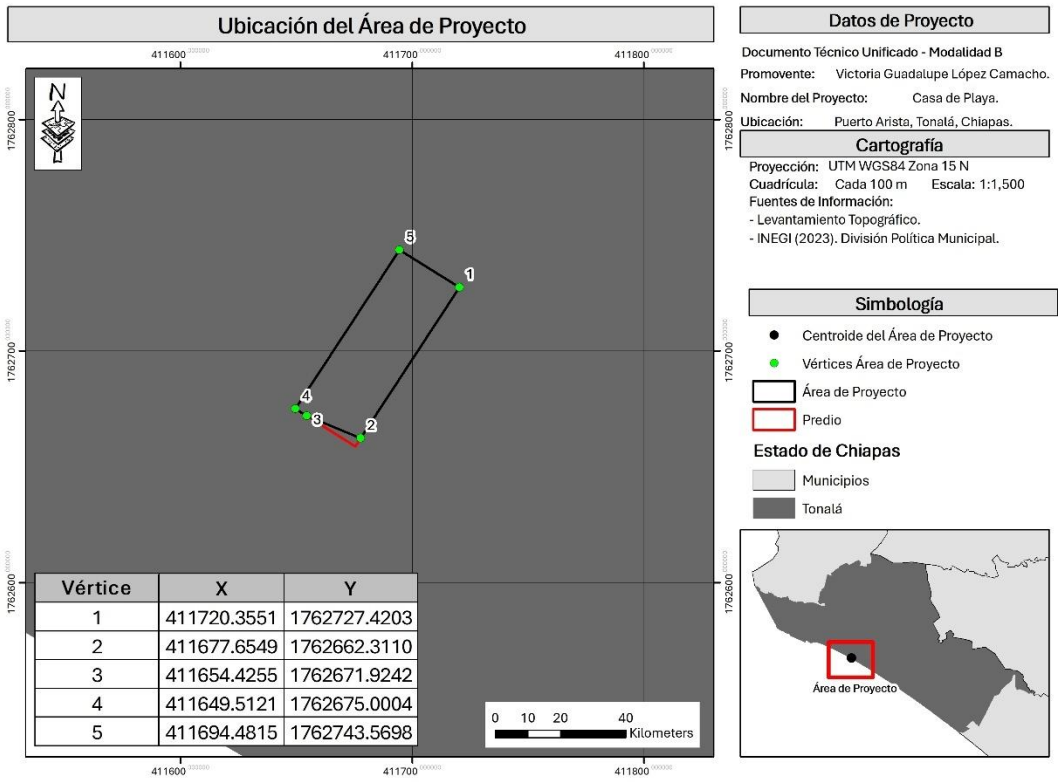
Figura 4. Ubicación del Proyecto respecto a la Región Hidrológica.

2.1.3.3. Ubicación geográfica mediante coordenadas (UTM o Geográficas) de los vértices del Polígono que delimite el área sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales

El Área de CUSTF ocupará una superficie de 2,449.397 m² (0.2449 Ha), del área total del predio. En la Tabla 4, se muestran las coordenadas UTM (Datum WGS84 Zona 15 Norte) que lo delimitan y se muestra de manera gráfica en la Figura 6.

Vértice	X	Y
1	411,720.3551	1,762,727.4203
2	411,677.6549	1,762,662.3110
3	411,654.4255	1,762,671.9242
4	411,649.5121	1,762,675.0004
5	411,694.4815	1,762,743.5698

Tabla 4. Coordenadas UTM del área del proyecto.



Vértice	X	Y
1	411720.3551	1762727.4203
2	411677.6549	1762662.3110
3	411654.4255	1762671.9242
4	411649.5121	1762675.0004
5	411694.4815	1762743.5698

Figura 5. Ubicación del área del proyecto.

Por lo cual, a lo largo del presente documento, los conceptos de "*Área del Predio*" se referirá a la superficie de 0.2501 Ha, y "*Área del Proyecto*" y "*Área de CUSTF*" serán homólogos y se referirán a la superficie correspondiente a 0.2449 m^2, donde se realizará el cambio de uso de suelo y las obras para el establecimiento de la vivienda en estudio.

Para llegar al área del Proyecto, serán utilizados los caminos de acceso existentes, que también conectan a la población de las localidades de Puerto Arista y Playa del Sol (Figura 7). Para llegar al área del proyecto, desde la intersección de la calle central de Puerto Arista con el Boulevard Mariano Matamoros, se dobla a la derecha en donde se continua por 1.54 Km hasta topar con pared, se dobla a la derecha, luego a la izquierda a 65 metros, en donde continua por 267 metros aproximadamente sobre el Boulevard General Cesar A. Lara S/N, en donde se encontrará el predio a la izquierda.



Figura 6. Ruta de acceso al Área del Proyecto.

Por su parte, las obras permanentes a construir se encontrarán inmersas dentro del área de CUSTF, y ocuparán una superficie de 2,123.7708 m^2 (0.2124 Ha), incluyendo áreas verdes; la superficie restante (325.6262 m^2) será destinada como área de esparcimiento. A continuación, en la Tabla 4 se presenta el desglose de áreas del proyecto:

Planta Alta		Planta Baja	
Descripción	**Superficie (m^2)**	**Descripción**	**Superficie (m^2)**
Recamara 1	48.9383	Recamara 1	48.5727
Recamara 2	48.9274	Recamara 2	48.5727
Recamara 3	48.9371	Alacena	25.0300
Cuarto de servicio	37.5400	Cocina bar	16.0000
Alacena	25.0300	Baños	3.8700
Escalera	4.8000	Pasillo	48.00
Cocina bar	16.0000		
Palapa	74.7800		
Baños	25.8400		
Biodigestor	5.6600		
Cuarto de maquinas	9.0000		
Bodega	48.9300		
Acceso principal	128.52		
Estacionamiento	406.37		
Pasillo	60.89		
Andador	50.8		
Camastro 1	33.56		
Camastro 2	26.35		

Planta Alta		Planta Baja	
Descripción	Superficie (m^2)	Descripción	Superficie (m^2)
Camastro 3	47.79		
Muros	38.318		
Protección de playa	2.887		
Área verde 1	384.28		
Área verde 2	381.82		
Jardín 1	56.75		
Jardín 2	46.57		
Alberca	63.38		
Esparcimiento	325.6262		

Tabla 5. Desglose de áreas del proyecto.

De igual manera, se anexan los planos topográficos con los cuadros de construcción.

Con lo antes expuesto, se tiene lo siguiente:

Concepto	Área (Ha)	Porcentaje respecto al predio	Tipo de vegetación
Fracción de predio sub-urbano 5-A	0.2501	100.00%	Vegetación de dunas costeras
Área del Proyecto	0.2449	97.94%	
Área de CUSTF	0.2449	97.94%	

Tabla 6. Resumen de superficies.

2.1.3.4. Indicar si el Proyecto se ubica dentro de algún ANP, Región Terrestre Prioritaria, Región Hidrológica Prioritaria, Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, etc.

2.1.3.4.1. Áreas Naturales Protegidas

De acuerdo con la Comisión de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (2016), se define a las Áreas Naturales Protegidas (ANP) como

> *"las porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados".*

- **Áreas Naturales Protegidas Federales**

El Proyecto **no** incide en ninguna ANP de competencia Federal, siendo la más próxima el Santuario "Playa de Puerto Arista" a 15.36 metros aproximadamente en su punto más cercano, al suroeste del Proyecto, como se observa en la Figura 8.

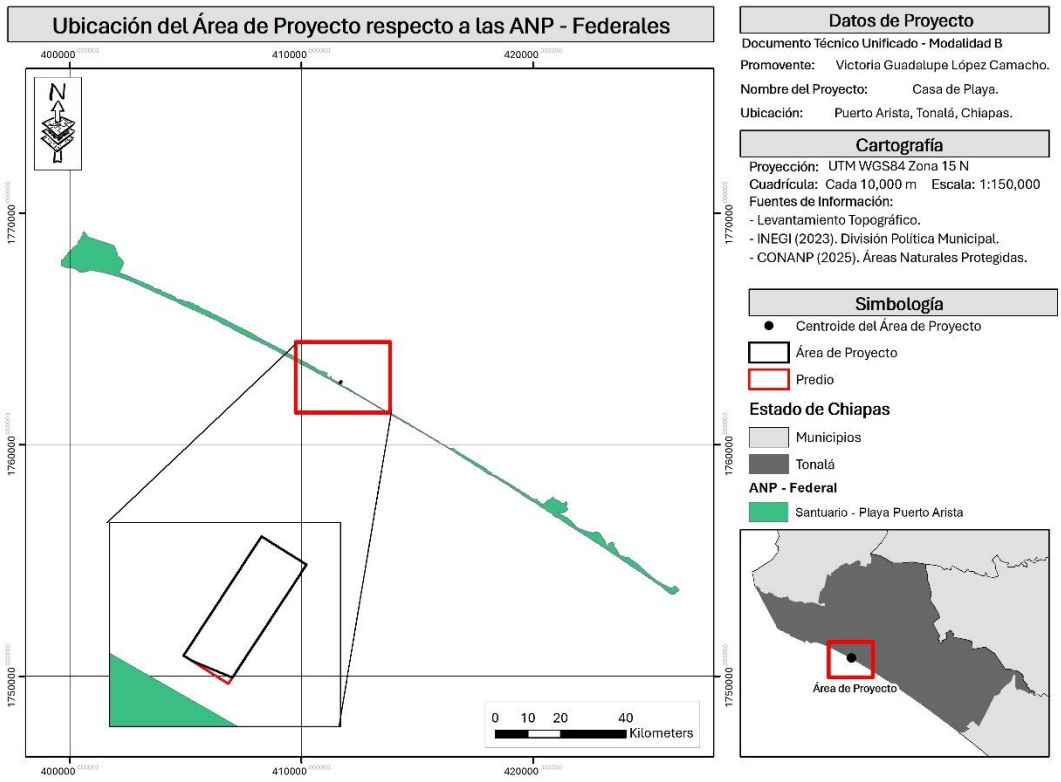


Figura 7. Ubicación del Proyecto respecto a las Áreas Naturales Protegidas de competencia Federal.

- **Áreas Naturales Protegidas Estatales**

Asimismo, el sitio del Proyecto no se encuentra dentro de ninguna ANP Estatal, siendo la más próxima el "La Lluvia" a 81 km aproximadamente hacia el Noreste del Proyecto, como se muestra en la Figura 9.

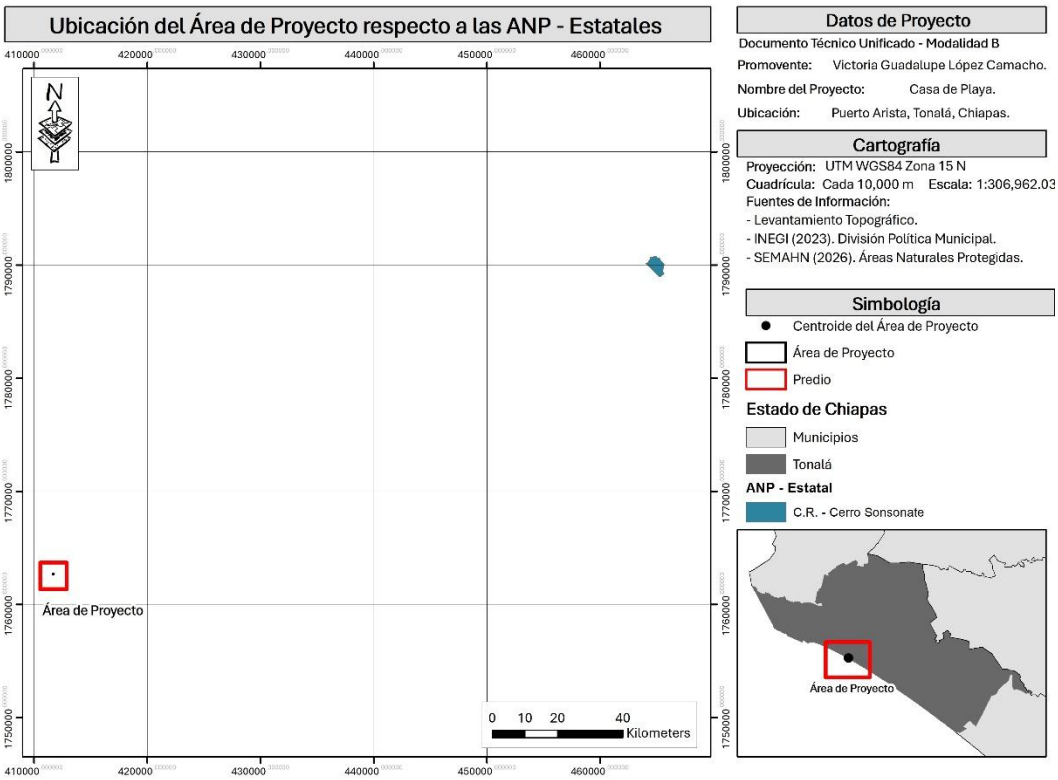


Figura 8. Ubicación del Proyecto respecto a las Áreas Naturales Protegidas de competencia Estatal.

2.1.3.4.2. Regiones Prioritarias para la Conservación

En seguida se presenta el resumen de la ubicación del Área del Proyecto respecto a las Regiones Prioritarias para la Conservación.

- **Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICAS):** El Área del Proyecto se encuentra dentro de la AICA No. 246 "Istmo de Tehuantepec – Mar Muerto".
- **Regiones Terrestres Prioritarias (RTP):** El Área del Proyecto **no** se encuentra dentro de ninguna RTP, siendo la más cercana la No. 133 denominada "El Triunfo – La Encrucijada – Palo Blanco" a una distancia aproximada de 28.8 Km al Este.
- **Regiones Marinas Prioritarias (RMP):** El Área del Proyecto **no** se encuentra dentro de ninguna RMP, siendo la más cercana la No. 39, denominada "Punta Arista" a, aproximadamente, 284.81 m al este.
- **Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP):** El Área del Proyecto **no** se encuentra dentro de ninguna RHP, siendo la más cercana la No. 32 denominada "Soconusco" a, aproximadamente, 284.81 m al este.

En el Capítulo 3 del presente DTU-B, se presenta la vinculación del proyecto con dichos instrumentos.

2.1.3.4.3. Convención de Ramsar

El Proyecto se ubica dentro del Sitio RAMSAR No. 1823 denominado "***Sistema Estuarino Puerto Arista***".

En el Capítulo 3 del presente DTU-B, se presenta la vinculación con dicho sitio.

2.1.4. Inversión requerida

Para el desarrollo y construcción de las obras del proyecto, se tiene una inversión de $1,900,000.00 (Un millón novecientos mil pesos 00/100 M.N.).

2.2. Características particulares del Proyecto

El Proyecto en cuestión, comprende la ejecución de la construcción, operación y mantenimiento de una casa de playa sobre una superficie de 2,449.397 m^2 (0.2449 Ha), misma que requiere la ejecución de actividades de CUSTF en su totalidad, en un predio particular (propiedad de la Promovente) en el Municipio de Tonalá, Chiapas.

Las obras y actividades que comprende el Proyecto se enlistan en la tabla siguiente:

Planta Alta		Planta Baja	
Descripción	**Superficie (m^2)**	**Descripción**	**Superficie (m^2)**
Recamara 1	48.9383	Recamara 1	48.5727
Recamara 2	48.9274	Recamara 2	48.5727
Recamara 3	48.9371	Alacena	25.0300
Cuarto de servicio	37.5400	Cocina bar	16.0000
Alacena	25.0300	Baños	3.8700
Escalera	4.8000	Pasillo	48.00
Cocina bar	16.0000		
Palapa	74.7800		
Baños	25.8400		
Biodigestor	5.6600		
Cuarto de maquinas	9.0000		
Bodega	48.9300		
Acceso principal	128.52		
Estacionamiento	406.37		
Pasillo	60.89		
Andador	50.8		
Camastro 1	33.56		
Camastro 2	26.35		
Camastro 3	47.79		
Muros	38.318		
Protección de playa	2.887		

Planta Alta		Planta Baja	
Descripción	Superficie (m^2)	Descripción	Superficie (m^2)
Área verde 1	384.28		
Área verde 2	381.82		
Jardín 1	56.75		
Jardín 2	46.57		
Alberca	63.38		
Esparcimiento	325.6262		

Tabla 7. Desglose de obras del proyecto.

En seguida, se presenta las características del proyecto, considerando los detalles de la construcción del inmueble.

2.2.1. Dimensiones del proyecto

De acuerdo con lo presentado en el apartado *2.1.1. Naturaleza del Proyecto*, la superficie total del Proyecto y del CUSTF comprende una extensión territorial de 0.2449 Ha, ocupando 97.94% del predio donde este se ubica.

2.2.2. Preparación del sitio y construcción

La preparación del sitio consiste en el acondicionamiento del terreno para que se lleven a cabo las diferentes actividades que contempla el Proyecto. Estará enfocado a minimizar el impacto y permitir un equilibrio entre el interés económico y el interés ambiental.

Las primeras actividades que se realizarán se enlistan y describen a continuación:

2.2.2.1. Actividades previas al Cambio de Uso de Suelo

- ☑ ***Trazo y delimitación del área del Proyecto***

Dicha actividad consiste en fijar límites precisos temporales, para definir el alcance que el proyecto tiene y evitar afectaciones a zonas aledañas durante su ejecución. Siendo indispensable el apoyo de especialistas como de personal que conozca la zona y el propio proyecto, para que el establecimiento de los límites y la instalación de objetos que permitan visualizarlos sea la correcta.

Para la delimitación, se realizarán recorridos en los límites del polígono, para delimitar el área propuesta a CUSTF, que comprende en su totalidad al área del Proyecto, localizando los vértices de los puntos de inflexión de la poligonal con la ayuda de un navegador satelital (GPS).

Una vez ubicados los vértices, serán colocados estacas cubiertas con pintura o con banderolas, para que sean visibles a distancia. La cantidad de estacas y el tamaño de estas dependerá de la topografía del sitio y, en cuanto la distancia entre ella, se propone a cada 5

m, sin embargo, esto estará también estará en función de la topografía y podrán ser ajustadas si se requiere aumentar su visualización.

En caso de ser necesario, se abrirá una brecha de 1 m de ancho, con la finalidad de no derribar vegetación que este fuera de las superficies que se proponen. Serán acompañadas además de banderolas de color rojo.

☑ ***Programas de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna***

Las actividades concernientes a los Programas, radican en la identificación de especies florísticas y faunísticas de importancia y que necesitarán de las actividades de rescate, para su posterior reubicación en una zona previamente delimitada que comparta las características de su hábitat natural.

A través de la ejecución de dichos programas, se busca prevenir afectaciones a las especies que se encuentren dentro del sitio del proyecto y/o en zonas aledañas a este. Se realizarán con personal capacitado para la identificación, captura y relocalización de dichos individuos.

Cabe mencionar que dicha actividad también se llevará a cabo durante la etapa de ejecución del CUSTF.

☑ ***Medidas de prevención, mitigación y compensación***

Durante esta etapa se realizarán las acciones de carácter preventivo, ya que se llevarán a cabo antes de la ejecución de las actividades del Proyecto. Destacando las siguientes:

- ***Ahuyentamiento de Fauna Silvestre:*** Consiste en generar ruido por medio de materiales metálicos (latas, varillas, etc.) o megáfonos, con el objetivo de ahuyentar a las especies de fauna del área de CUSTF. Se deberá realizar diariamente y antes de empezar la jornada laboral.
- ***Colocación de letreros:*** Se colocarán letreros alusivos de carácter preventivo, restrictivo e informativo, de acuerdo con diferentes temáticas ambientales.
- ***Capacitación y Concientización Ambiental:*** Se capacitará al personal que labore en el proyecto sobre temas de carácter ambiental, incluyendo sanciones y prohibiciones. De igual forma, se hablará sobre Normatividad aplicable y cuestiones de Seguridad e Higiene en el trabajo.

Aunado a lo anterior, se implementarán otras medidas de importancia, mismas que se describen a detalle en el *Capítulo 10* del presente documento.

2.2.2.2. Actividades por desarrollar durante el Cambio de Uso de Suelo.

En seguida, se describen las actividades a realizar durante el Cambio de Uso de Suelo:

☑ **Identificación, cuantificación y marqueo de arbolado a derribar**

No aplica, dado que el sitio se encuentra desprovisto de ejemplares arbóreos. Se realizó el conteo directo sobre el área del proyecto, el cual resulto en el nulo avistamiento de arbolado dentro de dicha superficie.

☑ **Desmonte y deshierbe de vegetación**

Consisten en eliminar la vegetación propia del sitio, cortando y retirando la maleza, hierba, zacate y toda aquella materia vegetal presente en la superficie del área propuesta a CUSTF, así como el desenraice.

Se procurará triturar el material producto de estas actividades, a fin de que sea material viable como sustrato para la recuperación de áreas verdes y establecimiento de nueva vegetación.

☑ **Derribo y desrame de arbolado**

Dado que el sitio se encuentra desprovisto de arbolado y de material maderable, esta actividad no es requerida, por lo que **no es aplicable** al proyecto.

☑ **Troceo y aprovechamiento de productos maderables.**

Dado que el sitio se encuentra desprovisto de arbolado y de material maderable, esta actividad no es requerida, por lo que **no es aplicable** al proyecto.

☑ **Despalme de la vegetación.**

Para la ejecución del despalme, se empleará maquinaria pesada como tractores articulados y excavadoras, haciéndolos pasar sobre el terreno hasta descubrirlo de la vegetación restante y de la primera capa de suelo.

Por las condiciones del sitio, la tierra vegetal es escasa y mínima. El producto de dicha actividad será cernido para la extracción de la tierra fértil, y se incorporará al material del desmonte triturado, de tal manera que se evite la acumulación de material inflamable y a su vez se promueva la formación de un substrato apropiado para el establecimiento de nueva vegetación para las áreas que así lo requieran.

En el desarrollo de esta etapa se tendrá el extremo cuidado de no dañar la Fauna Silvestre que ahí reside o la que en ese momento se encuentre pasando por el sitio, debiendo para ello, antes del inicio de los trabajos, realizar recorridos diarios en el área utilizando implementos que causen ruido con la finalidad de ahuyentar a los individuos.

☑ **Limpieza y acarreo.**

Se refiere a la limpieza final del área en la que se efectuó el CUSTF, así como al acarreo de herramientas, equipos y materiales que pudieran encontrarse en ella; lo anterior, para dar inicio con las actividades de construcción del Proyecto, en este caso, la vivienda.

2.2.2.2.1. Medidas de Prevención, Mitigación y Compensación.

Debido al impacto ambiental que produce la ejecución de las actividades mencionadas, y para el cumplimiento de lo establecido en la normatividad vigente, es necesaria la implementación de algunas medidas que se encarguen de minimizar las afectaciones que se deslindan del CUSTF, evitando más afectaciones al resto de los recursos, ya que esta etapa es la más desgastante.

Por lo anterior, se ejecutarán las medidas de prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales negativos. En seguida, se describen las acciones a implementar:

☑ **Capacitación y Concientización Ambiental**.

Durante las actividades de CUSTF se capacitará a los trabajadores sobre el cuidado de las especies de Flora y Fauna Silvestres, haciendo énfasis en la importancia de la normatividad vigente y sus sanciones, así como de recomendaciones generales que ayudarán a no perturbar ni dañar a ninguna de las especies de áreas colindantes. Asimismo, se buscará concientizar al personal en el manejo y aprovechamiento sustentable del agua, para evitar su desperdicio; así como en el uso adecuado de maquinaria para evitar accidentes y derrames.

Esta actividad deberá realizarse antes del inicio de actividades y periódicamente en el transcurso del proyecto, de manera general, con el fin de mantener siempre informados a los trabajadores.

☑ **Manejo Integral de Residuos.**

Con el fin de lograr un manejo integral de residuos sólidos, de manejo especial y peligrosos que puedan generarse durante el desarrollo de las actividades del CUSTF, se proponen medidas para el aprovechamiento de los materiales que resulten de las obras del Proyecto y que minimicen los riesgos a la población y al medio ambiente.

Se priorizará el mantenimiento de la maquinaria en establecimientos especializados en las localidades cercanas al proyecto. Sin embargo, en caso de que se presente la necesidad de realizar mantenimiento y reparación para servicios menores, la Promovente prevé el uso de un tapete sanitario para prevenir la posible contaminación al suelo por la generación de residuos peligrosos como resultado de estas actividades, como lo son materiales

impregnados con aceites y grasas (estopa, cartones, plásticos, etc.), aceite lubricante e hidráulico gastado, envases y empaques.

En este caso, una vez que la Promovente los genere, se deberá llevar a cabo un adecuado control y manejo de dichos residuos, apegándose a los requerimientos de la **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)** y su Reglamento. Los residuos se dispondrán en recipientes designados específicamente para estos, debidamente etiquetados, para luego ser entregados a la Empresa acreditada ante la SEMARNAT para su manejo.

Para los **Residuos de Manejo Especial (RME)**, como el material de despalme constituido principalmente por materia orgánica, será almacenado en un área dentro del predio y posteriormente será aprovechado para recubrimiento o bien para las obras de conservación.

Los **Residuos Sólidos Urbanos (RSU)** no se generarán directamente de las actividades de CUSTF, sino indirectamente por las actividades de los trabajadores. Serán depositados en contenedores rotulados (para promover su separación y clasificación), siendo almacenados temporalmente hasta que sean recolectados por el sistema de limpia municipal. Asimismo, quedará estrictamente prohibido el depósito de residuos de cualquier clase dentro del predio.

Dada la naturaleza del Proyecto, se considera que la generación de residuos será mínima, mediante el reciclaje y reutilización de ciertos elementos generados, con la finalidad de evitar la proliferación de Fauna nociva en el sitio y contaminar el medio natural con desechos sólidos. La Promovente se compromete a ejecutar el correcto control y disposición periódica de estos, por lo que no representarán un problema para el medio. A pesar de lo mencionado anteriormente, se designará un sitio donde se almacenen dichos residuos a fin de evitar su dispersión.

Además, se proponen las siguientes pautas para el manejo adecuado de los residuos:

- Etiquetar los contenedores según el tipo de residuo a depositar, para el correcto manejo de estos dentro del área.
- Dar mantenimiento periódico a los contenedores de los residuos, con el fin de evitar derrames, salidas no controladas o dispersión de desechos.
- Contar con un control sobre los residuos generados, que en un futuro permita programas de reducción de volumen o de reciclaje.
- Reciclar el mayor número de residuos o elementos generados por la actividad, con la finalidad de disminuir en lo posible la demanda de los recursos.
- El material de despalme y los residuos en forma de polvo deberán mantenerse húmedos para evitar su dispersión dentro y fuera de las instalaciones.

Las actividades de mantenimiento como el cambio de aceite y engrasado se realizarán fuera del predio, en lugares especializados y equipados para dichas funciones. En caso de ser

necesario el mantenimiento dentro del sitio del Proyecto, se deberá realizar sobre tapetes sanitarios impermeables con el fin de captar posibles derrames.

☑ **Mantenimiento de Maquinaria y Equipos.**

Durante la etapa de preparación del sitio y CUSTF, se le dará mantenimiento continuo a la maquinaria que se utilizará en las actividades, para que se encuentren constantemente en óptimas condiciones de operación y con esto disminuir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, los riesgos por derrames de sustancias y la probabilidad de accidentes hacia los trabajadores.

El aceite usado, los trapos impregnados y filtros que sean producto del mantenimiento de los motores de la maquinaria o del cambio de sustancias, serán almacenados temporalmente en un área acondicionada dentro del predio, para posteriormente ser recolectados por personal de una Empresa especializada en el rubro y que cuente con registro ante la SEMARNAT.

☑ **Seguridad e Higiene.**

Consiste en la ejecución de acciones dirigidas a la prevención de accidentes, riesgos, enfermedades y los derivados de los trabajos que se realizarán dentro del predio durante el desarrollo del Proyecto.

Se buscará proveer a los trabajadores con las herramientas necesarias para realizar su labor de la mejor manera, lugares adecuados para su alimentación e higiene, así como el equipo de protección y seguridad personal que permita mantener su bienestar.

☑ **Aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas.**

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, que tienen como finalidad establecer las características que deben reunir los procesos o servicios cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana; así como aquellas relativas a terminología y las que se refieran a su cumplimiento y aplicación.

La protección del medio ambiente, a la par de la seguridad y bienestar de los trabajadores que participarán en el Proyecto, son objetivos de gran importancia durante su ejecución, por lo que la aplicación y monitoreo del cumplimiento de las NOM es imperativo. Las actividades de prevención y mitigación, aunado a las medidas precautorias, buscan cumplir con las NOM que sean aplicables en las diferentes etapas del Proyecto.

☑ **Rescate y Reubicación de Flora.**

Las actividades de rescate y reubicación de Flora silvestre se ejecutarán con especial atención a las especies registradas con estatus de protección según la NOM-059-SEMARNAT-2010 y lo establecido en los criterios del Programa de Rescate y Reubicación de Flora desarrollado en el Capítulo 11 del presente DTU.

Como una primera fase del Programa de Rescate y Reubicación de Flora se contempla la identificación y señalización de individuos a rescatar (mediante la colocación de señuelos) que se encuentren dentro de las áreas de intervención directa. En esta fase también se registrará el número de individuos a fin de determinar el espacio que se requerirá para la reubicación. Para el caso de las epífitas, la señalización se efectuará en los árboles hospederos.

Una vez determinada la cantidad de individuos a reubicar, se identifican sitios cuyas características abióticas (climáticas, geológicas, edafológicas, pedregosidad, relieve etc.) y bióticas (tipo de vegetación) asemejen a los de extracción. Es importante considerar la densidad del sitio y competencia con otras especies locales con el fin de asegurar la sobrevivencia de los individuos rescatados.

Rescate de Plántulas. El rescate de renuevos o especies en etapa latizal es una actividad considerada en la conservación de especies de forma biológica arbórea. Consistirá en la extracción de los individuos procurando obtener la totalidad del sistema radicular sin que se le ocasione daño alguno. Asimismo, se buscará que el sistema de raíces obtenido venga cubierto con suelo orgánico.

Los individuos obtenidos se colocarán en contenedores y serán llevados a sitios elegidos previamente, donde se les dará seguimiento hasta lograr que estén en condiciones para ser reubicados a su medio natural. Se establecerán bioindicadores a fin de garantizar el éxito de la reubicación.

Epífitas. De encontrar dicho tipo de forma de vida, el rescate se efectuará en la mayoría de los individuos que se ubiquen en los sitios de intervención directa. El rescate estará dirigido hacia individuos, no tanto en especies, por lo que no se consideran trabajos de propagación.

Bromelias. Las especies de bromelias presentan usualmente estructuras vegetativas carnosas y coriáceas que les permiten sobrevivir ante un proceso de extracción. Sin embargo, es importante tener cuidado de no dañar las raíces para asegurar su sobrevivencia, por lo tanto, se recomienda que las plantas sean removidas con un trozo de corteza del árbol huésped. Después de esto se pueden envolver en periódicos húmedos y apilarlos para facilitar su transporte, teniendo cuidado de no maltratar las estructuras reproductivas, de presentarse.

Es importante que en el momento de la recolección se anoten datos como la especie del árbol huésped, altura aproximada a la cual se encontraba y fecha de colecta, con el fin de llevar a cabo la reubicación en las condiciones que más se acerquen a las de su origen. Esta tarea deberá ser inmediata a la extracción, usando de preferencia cordones de tela o rafia para sujetarlas.

Orquídeas. Por su parte, las orquídeas son consideradas como plantas más exigentes en cuanto a los requerimientos para su propagación, crecimiento y sobrevivencia. Presentan un porcentaje menor de éxito en relación con el número de individuos. Sin embargo, se puede seguir el mismo método para su extracción y reubicación, colocándolas en bolsas de manta, para ser transportadas con extrema precaución, teniendo cuidado de no estropear, mutilar o provocar cualquier daño a la planta que pueda entorpecer su adaptación al sitio nuevo.

El rescate podrá efectuarse de dos maneras:

1. Huésped en pie, haciendo uso de garrochas o bien, trepando los árboles con apoyo de arneses, y efectuando la extracción de los organismos.
2. De ubicarse los organismos a rescatar en partes muy altas del huésped y donde la escalada comprometa la seguridad del personal responsable del rescate, se esperará al derribo y en esta condición se realizará el rescate.

Las herramientas por ocupar en la colecta de individuos de ambos grupos (bromelias y orquídeas) serán machetes, navajas, cuchillos o cualquier otra herramienta que permita efectuar la actividad sin comprometer la integridad de la especie.

Para su acopio y reproducción, se delimitará un vivero temporal, el cual se indica en el Programa de Rescate y Reubicación de Flora.

El área de reubicación, se establecerá dentro de una superficie propuesta de **0.80 Ha**, la cual se presenta a continuación:

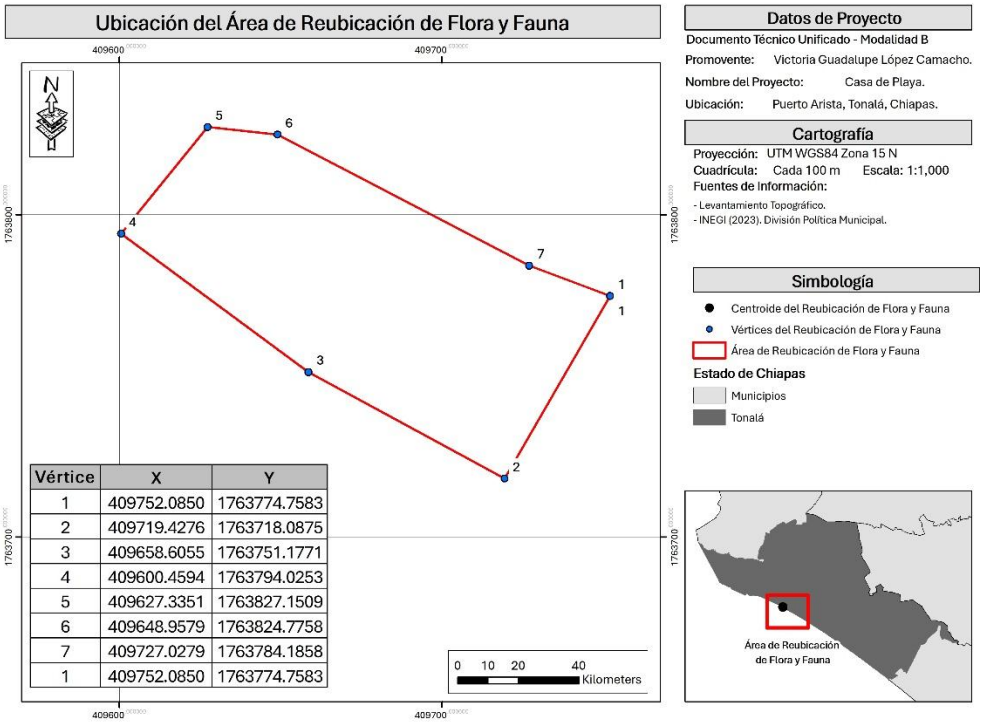


Figura 9. Localización del área de reubicación de Flora.

☑ **Rescate y Reubicación de Fauna.**

El rescate de Fauna silvestre aplicado durante la preparación del sitio de un proyecto es una medida preventiva para la reducción de posibles impactos a la biodiversidad y la conservación de especies que pueden encontrarse en peligro.

El proceso para llevar a cabo la actividad mencionada se menciona en seguida:

Fase I: Identificación de Fauna vulnerable y de riesgos de las especies identificadas. Para identificar las especies que residen en el área del proyecto, así como las que serán propensas a rescate y reubicación, se realizaron muestreos de Fauna silvestre en el área de estudio, así como recorridos por la superficie del predio. Una vez identificadas, se especifican algunas acciones encaminadas a la prevención de posibles afectaciones a la Fauna por la acción humana.

Conociendo esto, se reconoce que las actividades del proyecto incluyen el uso de maquinarias y equipos, los cuales pueden dañar y/o perturbar a las especies, debido al ruido y el constante movimiento de la tierra.

Fase II: Captura. Cuando se lleven a cabo acciones de rescate de Fauna se tomarán las medidas adecuadas de acuerdo con las características de la especie encontrada, así como a la situación bajo la cual se registró el individuo. Al efectuar un rescate se tomarán los datos

del sitio donde se localiza al individuo, así como los datos del lugar en donde se efectúe su reubicación.

A continuación, se describen las técnicas de Captura Directa, método donde se emplea la búsqueda intensiva de los ejemplares, para posteriormente ser capturados con la técnica adecuada a las características de la especie.

Anfibios: En general todos los anfibios siempre se encuentran cercanos o dentro de los cuerpos de agua o corrientes superficiales; o bien bajo la hojarasca, huecos, o debajo de las piedras, ya que son sitios que permanecen húmedos y con una temperatura más baja a la temperatura media superficial.

Los anfibios pueden tomarse con la mano completa sobre el individuo, procurando no ejercer demasiada presión, tomarlo firmemente y colocarlo en los costales de manta húmedos. Se debe tener la precaución de no tener ninguna sustancia tóxica en la mano, para evitar causarles un daño permanente o la muerte. Cuando se localicen dentro de cuerpos de agua, deben ser capturados por medio de redes de golpe, con las cuales se sacarán y depositarán en los costales de manta húmedos.

En caso de que los individuos permanezcan en resguardo más de 2 h; estos deberán colocarse en botes o recipientes con tapa perforada con huecos no mayores a 0.5 cm, para permitir la entrada de aire. Estos contenedores deben tener un sustrato que permita guardar la humedad (hojas, pastos, sustratos artificiales) y mantenerse bajo sombra.

Iguánidos: En el caso de las iguanas, pueden ser capturadas por medio de redes de aro o por captura directa con guantes. Una vez capturadas, deben ser sujetadas por la cabeza y cola, teniendo cuidado con la cabeza, ya que pueden dar mordidas, al igual que con la cola ya que la usan como látigo. La cabeza debe ser sujetada firmemente más no se deben tapar las vías respiratorias. En el caso de la cola, no deberá jalarse del último tercio ya que puede perderla.

Para el traslado, se puede realizar por medio de costales, cajas de madera o de plástico que cuenten con tapa y un buen sistema de aireación. Lo recomendable para individuos grandes es el traslado en las cajas plásticas o de madera. Si es necesario mantenerlos algunas horas bajo resguardo, estos deben permanecer en zonas de sombra y con una humedad constante.

Colúbridos: Para este grupo deben ser recolectados de acuerdo con su tamaño, por distintos métodos. En el caso de los pequeños generalmente es posible hacerlo manualmente. Se detiene la cabeza y posteriormente el cuerpo. Los de talla mediana y grande pueden atraparse con gancho herpetológico, inmovilizando inicialmente la cabeza y sujetándola luego con la mano y el resto del cuerpo con la otra mano. Estos reptiles deben

tratarse con mucho cuidado porque algunos pueden tener veneno que puede ser nocivo para la salud.

Una vez capturado, el individuo debe ser colocado en un contenedor ideal para su comportamiento. Para especies agresivas se recomienda los contenedores de acrílico con un sustrato húmedo.

Otra forma de transportarlas es en costales de manta. Se debe tener especial cuidado de mantenerlos en una zona con sombra y humedecidos continuamente, para evitar una deshidratación, sin embargo, no deben dejarse dentro de agua para impedir una disminución excesiva de la temperatura.

Lagartijas: Estas pueden ser capturadas directamente con la mano o un guante de tela. También se pueden usar pequeñas cañas de pescar y un pequeño lazo sin que estas sufran ningún daño. También pueden ser depositadas en bolsas de manta para ser transportadas o en cajas transportadoras de acrílico.

Las lagartijas que sean rescatadas deben colocarse bajo la sombra y de ser posible, realizar su traslocación inmediatamente al sitio de liberación, ya que estas especies cuentan con la ventaja de tener hogares pequeños, por lo que asegura que los individuos rescatados no pueden regresar inmediatamente al sitio donde fueron encontrados.

Mamíferos Medianos: Los mamíferos medianos y pequeños tales como los mapaches y tlacuaches pueden contenerse utilizando un sujetador o domador. El uso de un bozal como el que se utiliza en perros maximiza la seguridad en el manejo.

Hay que tomar en cuenta que cada individuo tiene un carácter particular, aunque se trate de animales de la misma especie; por lo tanto, siempre hay que ser muy cauto y precavido, a fin de estar preparado para lo inesperado y así reaccionar rápidamente.

Aves: Inicialmente, puede arrojarse una toalla o trapo sobre el animal, aunque algunos prefieren contenerlo utilizando guantes. En cualquier caso, es importante controlar la cabeza del ave sosteniéndola desde atrás, a nivel de la base del cuello. Es recomendable contener las patas con la otra mano para evitar que la especie pueda lastimarnos con las garras.

Para el traslado de los ejemplares, se deben colocar en jaulas de transporte con barrotes metálicos delgados, que son diseñadas especialmente para loros, o bien en jaulas de transporte tipo kenell.

Las capturas deben ser realizadas en las primeras horas del amanecer o en el atardecer, así como su liberación. En caso de tener que mantener bajo resguardo temporal de no más de un día, las jaulas deberán colocarse en un área con sombra, para evitar las altas

temperaturas. De igual manera, se les debe proporcionar agua fresca y fruta de la temporada para garantizar su integridad.

Fase III: Área de Reubicación. Posterior al rescate de individuos, se procederá a llevar a los especímenes al área de reubicación, previamente seleccionada. Ningún animal podrá estar en cautiverio por más de 24 horas. El área determinada para la relocalización de especies se ubicará en una superficie de 0.800 Ha dentro del SA y el Área Natural Protegida Santuario Puerto Arista.

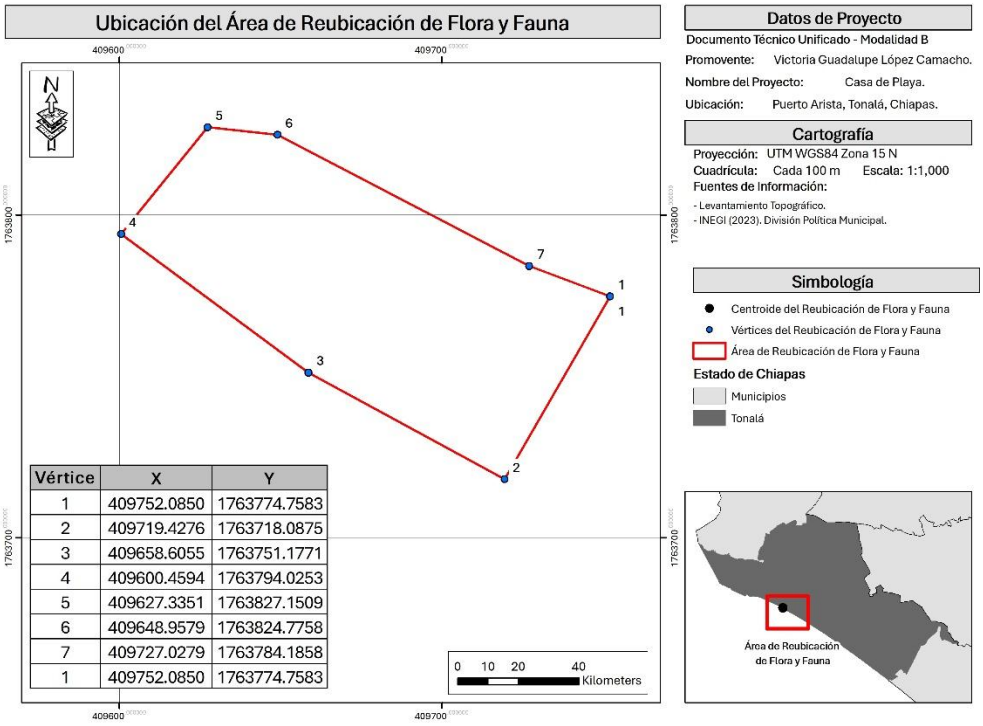


Figura 10. Localización del área de reubicación de Fauna.

2.2.2.3. Actividades por desarrollar después del Cambio de Uso del Suelo.

2.2.2.3.1. Reforestación.

Una vez concluidas las actividades de CUSTF, se realizarán actividades de compensación para la conservación de suelos y aguas, con el fin de minimizar los impactos ambientales hacia dichos factores abióticos. Para esto, se plantea la reforestación de un área de 8,000.00 m^2 dentro de la ANP de Jurisdicción Federal denominada **Santuario "Playa Puerto Arista"**.

Por lo tanto, será necesario un total de 1,027 plantas nativas y reportadas en el SA, utilizando una distancia equidistante de 3 m.

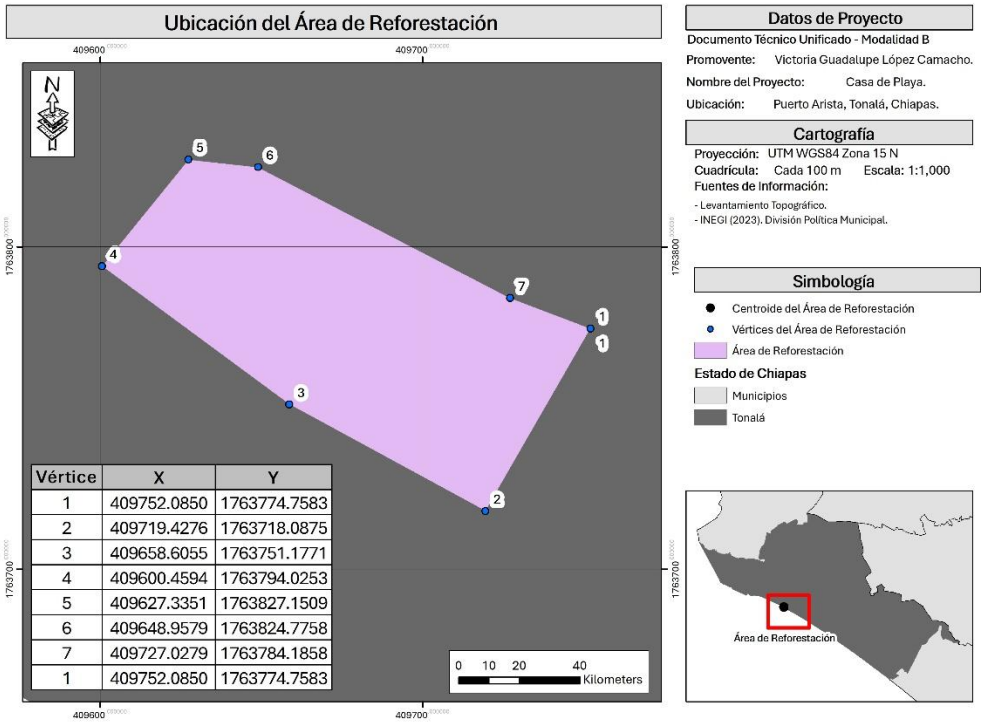


Figura 11. Localización del área de reforestación.

2.2.2.3.2. Obras de Conservación de Suelo y Agua.

Aunado a la ejecución del Programa de Reforestación, se plantea la implementación de obras de Conservación de Suelos y Agua, como medida de mitigación de los impactos ambientales ocasionados por el desarrollo del Proyecto, específicamente, ante la erosión generada.

En este caso, se proponen sistemas pasivos de captación de arena, los cuales son estructuras que consiguen formar depósitos, esto se logra con la intercepción de la arena transportada por el viento, al reducir su velocidad por la fricción que ejercen y se deposita acumulándose de manera gradual.

Los captadores pasivos tienen la ventaja de formar dunas más heterogéneas que los sistemas dunares establecidos con maquinaria, ya que la acumulación de arena responde a la acción del viento sobre las estructuras, que, a su vez, favorece el establecimiento de diferentes especies de plantas. Además, su empleo tiene un bajo costo y son fáciles de construir.

El tipo de captadores a instalar serán del tipo estructural y su ubicación y detalles se describen en el Capítulo 7 del presente DTU-B.

2.2.3. Construcción

Tras la preparación del sitio y la ejecución del cambio de uso de suelo, se iniciará la delimitación del sitio culminando con la remoción de la cobertura forestal y despalme para

dar inicio a la construcción. Dicha etapa, radica en el establecimiento de las estructuras propuestas y que comprende las siguientes actividades:

- **Trazo y delimitación de obras:** Puesto que el sitio del Proyecto ya se encontrará libre de vegetación, se procede a ubicar, trazar y delimitar los polígonos de las obras permanentes.
- **Excavación, nivelación y cimentación:** Una vez delimitado el polígono, se comenzará a realizar las excavaciones para conformar la plataforma para la vivienda, y espacios necesarios para la instalación de redes de servicio, realizando cortes donde sea necesario y una vez que se alcance el nivel de corte deseado, se compactará.
- **Instalación de redes de servicio:** se refiere a la estructura necesaria para instalar los elementos que conforman la red de agua potable, red de drenaje, así como de la red de distribución de energía eléctrica e instalaciones para los servicios de comunicación (teléfono, internet, televisión).
- **Estructura vertical y horizontal:** en esta etapa se comienza con la edificación de la estructura, es decir, la construcción de los elementos que formarán las obras permanentes como son los pilares, vigas y muros de carga, entre otros.
- **Acabados e instalaciones finales:** En la etapa de acabados se terminan los detalles de las obras, como la instalación de pisos, recubrimientos y techos. Se hacen todos los trabajos de herrería y carpintería faltantes, colocación de ventanas y puertas, así como el diseño de ambientación e iluminación.

Asimismo, se considera la implementación de **medidas de prevención, mitigación y compensación**, que se presentan a mayor detalle en el Capítulo 9 del presente DTU-B.

2.2.3.1. Especificaciones de los procesos constructivos por obra

- **Casa de Playa**

Sobre una superficie de 394.383 m^2 en planta baja, y una superficie de 142.045 m^2 en planta alta, que contará con las siguientes áreas:

Todas serán construidas con cimentación de zapatas corridas, muros de desplante con block de cemento arena de 20 cm de espesor, trabes de liga, de desplante, de cerramiento y de enrase de 15 x 25 cm, armada con 6 varillas de 3/8" y estribos a cada 15 cm del No. 2 con una resistencia de F'C = 250 kg/cm^2.

Contarán con muros de block térmico asentado con mortero de cemento-cal-arena 1:3:12; con castillos de concreto de 15 x 20 cm, armado con 6 varilla de 3/8" y estribos del No. 2 a cada 20 cm. Tendrá losa nervada de 40 cm de espesor de F'C = 200 kg/cm^2, nervios armados

con 6 varillas de 3/8" y estribos del No. 2 a cada 15 cm, en retícula de 50 cm, en ambos sentidos.

Aplanados en muros y losa con mortero de cemento-cal-arena 1:3:12. El acabado será esponjeado y con pintura vinílica. Los pisos serán de loseta cerámica en el interior del inmueble. Los baños tendrán terminado con loseta cerámica en pisos y muros, con sanitarios de calidad alta.

Las ventanas serán elaboradas con perfil de aluminio de 3" color y vidrio tintex verde.

- **Muro perimetral y protección de playa**

Con una longitud de 191.59 metros lineales, dicha obra ocupará una superficie de 38.318 m^2. Los muros laterales estarán realizados con block térmico asentado con mortero de cemento-cal-arena 1:3:12. Castillos de concreto de 15 x 20 cm armado con 6 varillas de 3/8" y estribos del No. 2 a cada 20 cm.

Por su parte, en la colindancia sur que da hacia la playa, de 28.87 metros, quedará únicamente delimitado con pilotes de madera de la región a cada 2 metros y cuerda. Se estima una superficie total de 2.887 m^2 para dicha actividad.

- **Pisos y pasillos**

Con una superficie total construida de 869.42 m^2, integra los diversos pasillos, acceso y áreas para el desplazamiento de los habitantes de la residencia:

El acceso principal estará conformado por concreto hidráulico con F'C = 200 kg/cm^2 de 15 cm de espesor con malla electrosoldada y acabado estampado; para el pasillo y áreas de camastros, serán conformados por concreto hidráulico con F'C = 200 kg/cm^2 de 7 cm de espesor y acabado con loseta de 44 x 44 cm vitromex, asentado sobre cemento blanco.

- **Alberca**

Con una profundidad promedio de 1.20 m, estará elaborada con muros de block de 15 cm de espesor y con acabado común; reforzada con castillos y cadenas de 15 x 20 cm de F'C = 200 kg/cm^2 y 6 varillas de 3/8" y estribos del No. 2 a cada 15 cm. El piso será de losa de concreto armado con varillas de 3/8" a cada 15 cm en ambos sentidos y el terminado de la misma será con loseta cerámica. Contará con andador perimetral de 100 cm de ancho a base de losa de concreto simple de F'C = 200 kg/cm^2 y terminado común.

- **Áreas verdes**

Los jardines contarán con pasto en rollo, de especies nativas. Será colocado sobre tierra vegetal y abono orgánico.

2.2.4. Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

Únicamente establecerán sanitarios portátiles y el campamento (oficina, bodegas) para los trabajadores que realizarán las actividades de construcción, una vez finalizadas las acciones de cambio de uso de suelo forestal.

2.2.5. Obras asociadas al proyecto

No aplica.

2.2.6. Estimación del volumen en metros cúbicos, por especie y por predio de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso del suelo

De acuerdo con el Artículo 7°, Fracción XXXVII de la LGDFS, las materias primas forestales son *"los productos del aprovechamiento de los recursos forestales que no han sufrido procesos de transformación".* A continuación, se describe la metodología que se aplicó en este estudio para su estimación.

2.2.6.1. Metodología de muestreo para la estimación de volumen

La vegetación de dunas costeras es considerada como pionera y los principales fijadores de sustrato dando comienzo a las sucesiones ecológicas de las comunidades vegetativas terrestres. Se presenta en ecosistemas costeros y son formados por montículos de granos de arena o de granos de origen biológico, la altura puede ser de menos de un metro hasta centenares de metros.

Para la recolección de información de campo para la estimación del volumen de las materias forestales derivadas del cambio de uso de suelo, y considerando la superficie que será intervenida, se optó por ejecutar el **conteo directo** de ejemplares arbóreos dentro del área de CUSTF.

Concepto	Superficie total (m^2)	Tipo de Vegetación	Vértice	X	Y
Área de CUSTF	2,449.397	Vegetación de dunas costeras	1	411,720.3551	1,762,727.4203
			2	411,677.6549	1,762,662.3110
			3	411,654.4255	1,762,671.9242
			4	411,649.5121	1,762,675.0004
			5	411,694.4815	1,762,743.5698

Tabla 8. Coordenadas que delimitan la superficie de muestreo (área de CUSTF).

<u>Material utilizado</u>

El material y equipos que se utilizaron para obtener la información en campo se enlistan a continuación:

- Cuerda Compensada de 25 metros (para delimitación del polígono de CUSTF).
- GPS marca Garmin modelo Etrex 10, con margen de error de ±3.00 metros.

- Brújula.
- Clinómetro Suunto (para medir alturas).
- Cinta Diamétrica (para medir el diámetro del arbolado).
- Cámara Fotográfica (para registro de evidencias).
- Forcípula (para medición del arbolado).
- Pintura en Aerosol (para marqueo de árboles).
- Formatos de Registro (para el levantamiento de datos).
- Chalecos (para identificación de la brigada).

Datos de campo

Aunado al nombre común y científico de los individuos arbóreos encontrados, se registraron las variables dasométricas de cada ejemplar:

- Diámetro Normal: Las medidas de diámetro normal a la altura de pecho se obtuvieron a 1.30 m de altura de la base del árbol. Se midieron árboles con diámetro mayor o igual a 5 cm.
- Altura: Se consideró la altura total medida desde la base hasta el ápice.

Como parámetro de medición y registro de arbolado, se consideraron aquellos cuyo diámetro normal a la altura de pecho (1.30 m sobre la superficie del suelo) sea igual o mayor a 5 centímetros.

Para determinar a un espécimen como un **árbol**, se tomaron las siguientes consideraciones: Es una planta, de tallo leñoso, que se ramifica a cierta altura del suelo. El término hace referencia habitualmente a aquellas plantas cuya altura supera un determinado límite en la madurez, diferente según las fuentes: dos, tres, cinco o los seis metros. Además, producen ramas secundarias nuevas cada año, que parten de un único fuste o tronco, con clara dominancia apical, dando lugar a una nueva copa separada del suelo. Las plantas leñosas que no reúnen estas características por tener varios troncos o por ser de pequeño tamaño son consideradas arbustos.

2.2.6.2. Estimación del volumen por especie por predio o predios

Dado que durante el recorrido dentro del predio no se identificaron ejemplares arbóreos que cumplieran con las características establecidas por la metodología, por lo cual no se puede llevar a cabo la estimación del volumen a remover. De esta manera, este apartado **no aplica** para el presente proyecto.

2.2.7. Abandono del Sitio

En seguida se presentan las actividades que comprenden la etapa:

- **Retiro de materiales, equipo y maquinaria**

En esta actividad se dará por finalizada cualquier tipo de labor en donde se ven involucradas herramientas y/o equipos, retirándolos del área del Proyecto.

- **Limpieza General**

Con el objetivo de dejar el sitio libre para el arranque de sus actividades, es decir la operación del Proyecto, se realizará la recolección de cualquier tipo de material, herramienta o residuos que se encuentren dentro del área.

2.2.8. Operación y mantenimiento

A continuación, se especifican dichas acciones:

- **Operación de las instalaciones:** Las obras que conforman el Proyecto forman parte de un inmueble destinado para la vivienda de una o más personas, por lo que las instalaciones serán utilizadas frecuentemente, y su operación consiste en su ocupación por los habitantes y las actividades que estos realicen.
  Durante estos periodos, se hará uso de cada una de las instalaciones y servicios, por lo que será aquí cuando se generen las aguas residuales y residuos domésticos principalmente.
- **Mantenimiento de las instalaciones:** Dentro del mantenimiento se considera la limpieza de las instalaciones y, de ser necesario, la reparación de desperfectos. Asimismo, en esta etapa se realizará el correcto manejo y disposición de los residuos que se hayan generado durante la operación y uso de las instalaciones.
  Puede ser preventivo (aquel que se programa regularmente y se realiza diariamente) o correctivo (aquel que requiere de inmediata solución para el buen desempeño y funcionamiento de las instalaciones).

El mantenimiento consistirá principalmente en actividades que aseguren que las obras se mantengan en buenas condiciones. En seguida, se presentan las acciones que serán realizadas:

- Alberca: Incluirá la limpieza programada del agua y las superficies, la verificación y ajuste de los niveles de pH y cloro, y la inspección y cuidado del filtro y la bomba. Esta actividad será realizada de forma semanal, siempre y cuando existan residentes en la casa de descanso, en caso contrario, esto será llevado a cabo de manera mensual.
- Recámaras, sala, camastros, acceso principal, cuarto de servicio, alacena, cocina: La limpieza de estas áreas se realizará diariamente, manteniendo el espacio limpio y ordenado; se realizará una limpieza formal una vez por semana que consistirá en limpiar el mobiliario, barrer y trapear los pisos, con productos biodegradables. Para el

caso de la cocina y barra, se considera el lavado de la loza (utensilios de cocina), así como verificar que los equipos y mobiliario se encuentren en buen estado o si requieren sustituirse.

- Baños: La actividad consistirá en retirar toallas, productos de higiene personal, eliminar el polvo de las superficies, limpieza del inodoro, ducha, lavamanos y muebles.
- General: Estas actividades se realizarán de manera semestral, lo que consistirá en revisar las instalaciones eléctricas, sanitarias y de gas periódicamente, así como el cuarto de máquinas, para evitar problemas y garantizar la seguridad; se llevará a cabo la limpieza diaria, levantando basura y colocándola en su lugar para evitar su dispersión; se inspeccionará cimientos, tejados, paredes y puertas en busca de daños o deterioro por el salitre y la corrosión de forma semestral y se realizará el recubrimiento de pinturas en las zonas donde sea necesario.
- Áreas verdes: Se realizará la poda y corte de especies herbáceas siempre que sea necesario, así como la remoción de hojas y/o ramas secas. También incluye el riego periódico y la aplicación de insecticidas biodegradables (cuando aplique).
- Revisar las instalaciones eléctricas, sanitarias y de gas periódicamente, para evitar problemas y garantizar la seguridad.
- En el caso de la alberca, su mantenimiento incluirá la limpieza regular del agua y las superficies, la verificación y ajuste de los niveles de pH y cloro, y la inspección y cuidado del filtro y la bomba.
- Para el biodigestor, se monitoreará la capacidad del mismo para la programación de su desazolve y limpieza por empresas especializadas y autorizadas para el manejo de las aguas residuales.

2.2.9. Cronograma de actividades del proyecto

En la siguiente Tabla se presenta el Programa General de Trabajo que incluye las etapas de Preparación del Sitio (donde se integra el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales), Construcción, Abandono del sitio, Operación y Mantenimiento del proyecto:

Actividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AÑO 1												
ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO												
Trazo y delimitación del Área de Proyecto	☑											
Desmonte y deshierbe de la vegetación		☑	☑									
Despalme de la vegetación				☑	☑							
Limpieza y acarreo						☑						
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN												
Trazo y delimitación							☑	☑				
Excavación, Nivelación y Cimentación								☑	☑	☑		
Instalación de redes de servicio										☑	☑	

Actividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Estructura vertical y horizontal												☑
MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN												
Medidas de prevención y mitigación	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Ahuyentamiento de Fauna Silvestre	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Capacitación y Concientización Ambiental	☑											
Manejo Integral de Residuos	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Mantenimiento Preventivo de Maquinaria y Equipo	☑			☑			☑			☑		
Seguridad e Higiene	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Aplicación de Normas Oficiales Mexicanas	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Colocación de letreros	☑											
Obra de conservación de suelo y agua							☑	☑				
Programa de reforestación							☑	☑				
Programa de Rescate y Reubicación de Flora	☑	☑										
Programa de Rescate y Reubicación de Fauna	☑	☑	☑	☑	☑	☑						
SUPERVISIÓN, VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL												
Vigilancia y monitoreo de actividades	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Bitácoras de actividades	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Informes de Actividades		☑		☑		☑						☑
Seguimiento de la Reforestación									☑	☑	☑	☑
Seguimiento y Mantenimiento de las Obras de Conservación de Suelo y Agua												☑
Seguimiento de la Reubicación de Flora Silvestre												☑
AÑO 2												
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (CONTINÚA)												
Estructura vertical y horizontal	☑	☑	☑									
Acabados e instalaciones finales			☑	☑	☑							
ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO												
Retiro de materiales, equipo y maquinaria						☑						
Limpieza general						☑						
MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN												
Medidas de prevención y mitigación	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Ahuyentamiento de Fauna Silvestre	☑	☑	☑	☑	☑	☑						
Manejo Integral de Residuos	☑	☑	☑	☑	☑							
Mantenimiento Preventivo de Maquinaria y Equipo	☑			☑								
ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO												
Operación de las instalaciones						☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Mantenimiento de las instalaciones						☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
SUPERVISIÓN, VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL												
Bitácoras de actividades	☑	☑	☑	☑	☑	☑						
Informes de Actividades												☑
Seguimiento y Mantenimiento de las Obras de Conservación de Suelo y Agua			☑			☑			☑			☑
Seguimiento y Mantenimiento de la Reforestación			☑			☑			☑			☑
Seguimiento del Rescate y Reubicación de Flora			☑			☑			☑			☑
AÑO 3												
ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO												

Actividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Operación de las instalaciones	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Mantenimiento de las instalaciones	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN												
Medidas de prevención y mitigación	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
SUPERVISIÓN, VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL												
Bitácoras de actividades de supervisión y monitoreo			☑			☑			☑			☑
Informes de Actividades												☑
Seguimiento y Mantenimiento de las Obras de Conservación de Suelo y Agua			☑			☑			☑			☑
Seguimiento y Mantenimiento de la Reforestación			☑			☑			☑			☑
Seguimiento del Rescate y Reubicación de Flora			☑			☑			☑			☑
AÑO 4												
ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO												
Operación de las instalaciones	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Mantenimiento de las instalaciones	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN												
Medidas de prevención y mitigación	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
SUPERVISIÓN, VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL												
Bitácoras de actividades de supervisión y monitoreo			☑			☑			☑			☑
Informes de Actividades												☑
Seguimiento y Mantenimiento de las Obras de Conservación de Suelo y Agua			☑			☑			☑			☑
Seguimiento y Mantenimiento de la Reforestación			☑			☑			☑			☑
Seguimiento del Rescate y Reubicación de Flora			☑			☑			☑			☑
AÑO 5												
ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO												
Operación de las instalaciones	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Mantenimiento de las instalaciones	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN												
Medidas de prevención y mitigación	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
SUPERVISIÓN, VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL												
Bitácoras de actividades de supervisión y monitoreo			☑			☑			☑			☑
Informes de Actividades												☑
Seguimiento y Mantenimiento de las Obras de Conservación de Suelo y Agua			☑			☑			☑			☑
Seguimiento y Mantenimiento de la Reforestación			☑			☑			☑			☑
Seguimiento del Rescate y Reubicación de Flora			☑			☑			☑			☑
AÑO 6												
ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO												
Operación de las instalaciones	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	→
Mantenimiento de las instalaciones	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	→
MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN												
Medidas de prevención y mitigación	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	→
SUPERVISIÓN, VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL												

Actividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bitácoras de actividades de supervisión y monitoreo			☑			☑			☑			☑
Informes de Actividades												☑
Seguimiento y Mantenimiento de las Obras de Conservación de Suelo y Agua			☑			☑			☑			☑
Seguimiento y Mantenimiento de la Reforestación			☑			☑			☑			☑
Seguimiento del Rescate y Reubicación de Flora			☑			☑			☑			☑

Tabla 9. Programa General de Trabajo del Proyecto.

2.2.10. Generación y manejo de residuos líquidos y emisiones a la atmósfera

Respecto al manejo de residuos, a continuación, se presenta la forma de manejo:

- **Emisiones a la Atmósfera.**

Para evitar las emisiones excesivas de gases y ruido, se realizarán mantenimientos periódicos y continuos de los vehículos y maquinaria utilizados durante las diversas actividades, reduciendo así la contaminación atmosférica y sonora.

En cuanto a la dispersión de polvos, se realizará el riego constante con agua en el suelo, con el fin de evitar una excesiva generación y dispersión de polvos.

- **Aguas Residuales.**

Se evitará el vertido accidental de todo tipo de materiales o sustancias contaminantes hacia el suelo y cuerpos de agua. Se priorizará el uso de productos biodegradables para las actividades de limpieza de las instalaciones.

En cuanto a la instalación de los baños portátiles, la empresa contratada para el servicio será quien se haga cargo de la disposición periódica de las aguas residuales generadas.

En cuanto a las aguas residuales tras la finalización de las obras del proyecto y el inicio de las operaciones, provenientes de las instalaciones, será dirigida a un biodigestor, el cual será vaciado periódicamente por una empresa especialista y autorizada para la recolección, transporte y disposición final de las aguas grises.

2.2.11. Residuos

Los tipos de residuos que se producirán durante las etapas del Proyecto en cuestión se describen a continuación:

- **Sólidos Urbanos.**

En las etapas del Proyecto se generarán residuos como son: papel, cartón, plástico (PET), desechos (cáscaras) y envolturas de alimentos, envases de vidrio, etc., generados por los trabajadores. Dichos residuos serán separados y clasificados por los trabajadores, de

acuerdo con los lineamientos que se establezcan en las pláticas de concientización que se impartirán al inicio del Proyecto.

De manera similar, durante la operación del proyecto, los residuos serán generados por los trabajadores, así como por los visitantes de las instalaciones.

Para su disposición, se colocarán recipientes de plástico resistente (200 L) con tapa superior, para evitar la generación de malos olores y la proliferación de Fauna nociva. Se promoverá su clasificación en orgánicos e inorgánicos con rótulos en los contenedores. La recolección se realizará 3 veces a la semana; en la cual, los residuos generados son dispuestos en bolsas de plástico y colocados en el punto indicado (en los días y horarios establecidos), donde el camión recolector se encarga de almacenarlos y transportarlos hacia el sitio de disposición final. Los servicios de recolección y transporte de basura serán proporcionados por el H. Ayuntamiento de Tonalá, Chiapas.

- **Peligrosos.**

Durante el desarrollo del Proyecto no se contempla la generación de residuos peligrosos, ya que las actividades de mantenimiento de los vehículos y maquinaria serán llevadas a cabo en talles especializados fuera del área del Proyecto, sin embargo, en caso de generarse este tipo de residuos, serán manejados de acuerdo con la normatividad vigente, la cual se enlista a continuación:

  - Durante las actividades, se identificará si se están generando residuos peligrosos conforma a lo que se establece en la NOM-052-SEMARNAT-2005, para llevar a cabo la gestión integral de estos.
  - Durante el desarrollo de las actividades, se debe determinar la incompatibilidad de materiales a utilizar, por lo que se debe aplicar el procedimiento de acuerdo con la NOM-054-SEMARNAT-1993. Aunado a ello, se dará cumplimiento a lo establecido en el manejo de residuos peligrosos en el envase, almacenamiento, tratamiento y disposición final de estos.
  - En caso de fallas mecánicas en la maquinaria que puedan resultar en el derrame de combustibles al suelo, se seguirán las especificaciones estipuladas en la NOM-138-SEMARNAT/SS-2003 para la caracterización de las sustancias y la remediación del sitio.
  - Para el funcionamiento de la maquinaria que será empleada será necesario el uso de combustibles, por lo que el abastecimiento de este deberá ser realizado por el Promovente o el contratista siguiendo los lineamientos de seguridad y almacenamiento temporal de estas sustancias si llega a ocurrir la necesidad de tener estas sustancias en el sitio de acuerdo con la NOM-005-STPS-1998.

- **Manejo Especial.**

Durante la etapa de CUSTF y construcción de las obras se generarán este tipo de residuos, tales como: material producto del despalme, escombros, entre otros; que serán dispuestos

de forma temporal en pilas ordenadas dentro del sitio del Proyecto, en un espacio en donde no puedan provocar algún accidente.

De acuerdo con la **NOM-161-SEMARNAT-2011**, este tipo de desechos **no** requerirán de un Plan de Manejo ya que no excederán los 80 m^3 reglamentados en dicho instrumento. Sin embargo, serán transportados hacia un sitio especializado para su manejo por parte de una Empresa autorizada para realizar este proceso.

2.2.11.1. Usos para el que serán destinados los productos maderables restantes

Los productos de las actividades de remoción de vegetación consistirán principalmente en ramas y material vegetal de arbustos y hierbas. Este producto será triturado y combinado con la tierra fértil producto del despalme, y será utilizado en los espacios que serán destinados como áreas verdes para la recuperación de suelo fértil.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
MODALIDAD B (DTU-B)

“CASA DE PLAYA, UBICADA EN PUERTA ARISTA, MUNICIPIO DE TONALÁ, CHIAPAS”

CAPÍTULO 3. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DE SUELO

PROMOVENTE: MANUEL FRANCISCO ANTONIO PARIENTE GAVITO

MAYO, 2026

Contenido

CAPÍTULO 3. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO 1

3.1. Planes y Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial y Planes de Desarrollo Urbano, Normas Oficiales Mexicanas, Áreas Naturales Protegidas, entre otros 1

3.1.1. Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial 1

3.1.1.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). 2

3.1.1.2. Programa de Ordenamiento Territorial de la Región Sur – Sureste (POTR-SSE) 6

3.1.1.3. Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Chiapas (POETCH)..... 9

3.1.1.4. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio de los Paisajes Sostenibles de la Sierra Madre y Costa de Chiapas. 15

3.1.2. Planes de Desarrollo Urbano 27

3.1.2.1. Plan Nacional de Desarrollo (2025-2030) 27

3.1.2.2. Plan Estatal de Desarrollo de Chiapas (2025-2030) 29

3.1.3. Normas Oficiales Mexicanas 30

3.1.4. Áreas naturales protegidas y regiones prioritarias para la conservación 32

3.1.4.1. Área Naturales Protegidas Federales..... 32

3.1.4.2. Áreas Naturales Protegidas Estatales..... 33

3.1.4.3. Regiones Prioritarias de Conservación. 33

3.2. Otras leyes como: Ley de Aguas Nacionales, LGEEPA, LGVS, etc. 36

3.2.1. Leyes Federales 36

3.2.1.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos 36

3.2.1.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente 37

3.2.1.3. Ley General de Vida Silvestre..... 37

3.2.1.4. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos 38

3.2.1.5. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental..... 39

3.2.1.6. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 40

3.2.2. Reglamentos Federales 40

3.2.2.1. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA) 40

3.2.2.2. Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre 41

3.2.2.3. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos 41

3.2.3 Leyes Estatales 41

3.2.3.1. Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Chiapas 41

3.2.3.2. Ley de Protección para la Fauna en el Estado de Chiapas 42

3.2.4. Tratados o convenios internacionales 42

Lista de Tablas

Tabla 1. Información de la Región Ecológica 18.23, UAB 84. 5
Tabla 2. Usos de las UGA No. 110 en la que incide el proyecto. 10
Tabla 3. Vinculación del Proyecto con Criterios de la UGA 110 del POETCH. 12
Tabla 4. Vinculación con los Criterios Ecológicos compatibles del POETPSSMCCH 27
Tabla 5. Ejes Generales y Transversales del PND (2025-2030). 28
Tabla 6. Ejes del Plan Nacional de Desarrollo relacionados con el Proyecto. 29
Tabla 7. Ejes del Plan de Desarrollo de Chiapas relacionados con el Proyecto. 30
Tabla 8. Normas Oficiales Mexicanas relacionadas al Proyecto. 32
Tabla 9. Descripción del AICA No. 246 "Istmo de Tehuantepec-Mar Muerto". 36
Tabla 10. Artículos de la LGEEPA vinculados al Proyecto. 37
Tabla 11. Artículos de la LGVS vinculados al Proyecto. 38
Tabla 12. Vinculación del Proyecto con la LGPGIR. 38
Tabla 13. Vinculación del Proyecto con la LFRA. 39
Tabla 14. Vinculación del Proyecto con los artículos de LGDFS. 40
Tabla 18. Artículos del REIA vinculados al Proyecto. 40
Tabla 19. Vinculación del Proyecto con el RLGPGIR. 41
Tabla 20. Vinculación del Proyecto con la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Chiapas. 42
Tabla 21. Vinculación del Proyecto con la Ley de Protección para la Fauna en el Estado de Chiapas. 42

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación del proyecto respecto al POEGT. 3
Figura 2. Ubicación del proyecto dentro del Modelo del POTR-SSE. 8
Figura 3. Ubicación del proyecto respecto al POETCH. 9
Figura 4. Ubicación del Proyecto dentro del POETPSSMCCH. 17
Figura 5. Ubicación del Proyecto respecto al ANP Santuario "Playa de Puerto Arista". 32
Figura 6. Ubicación del Proyecto respecto a la ANP' Estatal. 33
Figura 7. Ubicación del Proyecto respecto a las Regiones Prioritarias. 35
Figura 8. Ubicación del Proyecto respecto a los Sitios Ramsar. 43

CAPÍTULO 3. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO

3.1. Planes y Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial y Planes de Desarrollo Urbano, Normas Oficiales Mexicanas, Áreas Naturales Protegidas, entre otros

3.1.1. Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial

Un **Programa de ordenamiento ecológico**, de acuerdo con el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico (ROE) (DOF, 2003), es el modelo de ordenamiento ecológico y las estrategias ecológicas aplicables al mismo, es decir, este incluye la regionalización del área a ordenar y los lineamientos ecológicos aplicables.

Asimismo, el reglamento anterior define cuatro modalidades, considerando la competencia de los tres órdenes de gobierno, así como los alcances de acuerdo con el área territorial de aplicación, que en seguida se enlistan y describen:

- ☑ **General:** Define una regionalización ecológica en la que se identifican áreas de atención prioritaria, áreas de aptitud sectorial y lineamientos y estrategias ecológicas aplicadas a dichas área. La formulación, expedición, ejecución y evaluación de este programa es de competencia del Gobierno Federal.
- ☑ **Marino:** Tiene por objeto establecer los lineamientos y las previsiones a que deberá sujetarse el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad en las zonas marinas mexicanas y sus zonas federales adyacentes. La formulación, aplicación, expedición, ejecución y evaluación de este programa es de competencia del Gobierno Federal.
- ☑ **Regional:** Tiene como objetivo orientar el desarrollo de los programas sectoriales hacia los sitios, con mayor aptitud y menor impacto ambiental, identificar áreas de atención prioritaria, optimizar el gasto público, asegurar la continuidad de las políticas ambientales locales. Su formulación, expedición, ejecución y evaluación es competencia del Gobierno Estatal, cuando la región incluye parte o la totalidad del territorio de un estado.
- ☑ **Local:** Tiene como objetivo regular los usos del suelo fuera de los centros de población y establecer los criterios de regulación ecológica dentro de los centros de población para la protección, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Su formulación, expedición, ejecución y evaluación es competencia del Gobierno Municipal cuando el área incluye parte o la totalidad de un municipio.

En seguida, se presenta la vinculación del presente Proyecto, con aquellos Programas de ordenamiento ecológico aplicables y en las diferentes modalidades, descritas anteriormente.

3.1.1.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT).

El ROE establece que el objeto del POEGT es llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la nación ejerce soberanía y jurisdicción, identificando áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial. Asimismo, tiene por objeto establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para, entre otras, promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF); orientar la ubicación de las actividades productivas y de los asentamientos humanos; fomentar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales; promover la protección y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad; fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas; apoyar la resolución de los conflictos ambientales, así como promover la sustentabilidad e incorporar la variable ambiental en los programas, proyectos y acciones de los sectores de la APF.

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. Cada sector tiene sus prioridades y metas, sin embargo, en su formulación e instrumentación, los sectores adquieren el compromiso de orientar sus programas, proyectos y acciones de tal forma que contribuyan al desarrollo sustentable de cada región.

La metodología general para formular el POEGT, se realizó conforme a lo establecido en el Capítulo Tercero del ROE, en cuatro etapas metodológicas: caracterización, diagnóstico, pronóstico y propuesta. La última etapa, está integrada por la regionalización ecológica (que identifica las áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial) y los lineamientos y estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, que comprende unidades territoriales sintéticas que se integran a partir de los principales factores del medio biofísico: clima, relieve, vegetación y suelo. Con este principio se obtuvo como resultado la diferenciación del territorio nacional en 145 unidades denominadas **Unidades Ambientales Biofísicas (UAB).**

Considerando lo anterior, el Proyecto incide en la **UAB No. 84** denominada **"Llanuras del Istmo"** con las políticas ambientales de **Restauración** y **Aprovechamiento Sustentable**, como se observa en la Figura 1:

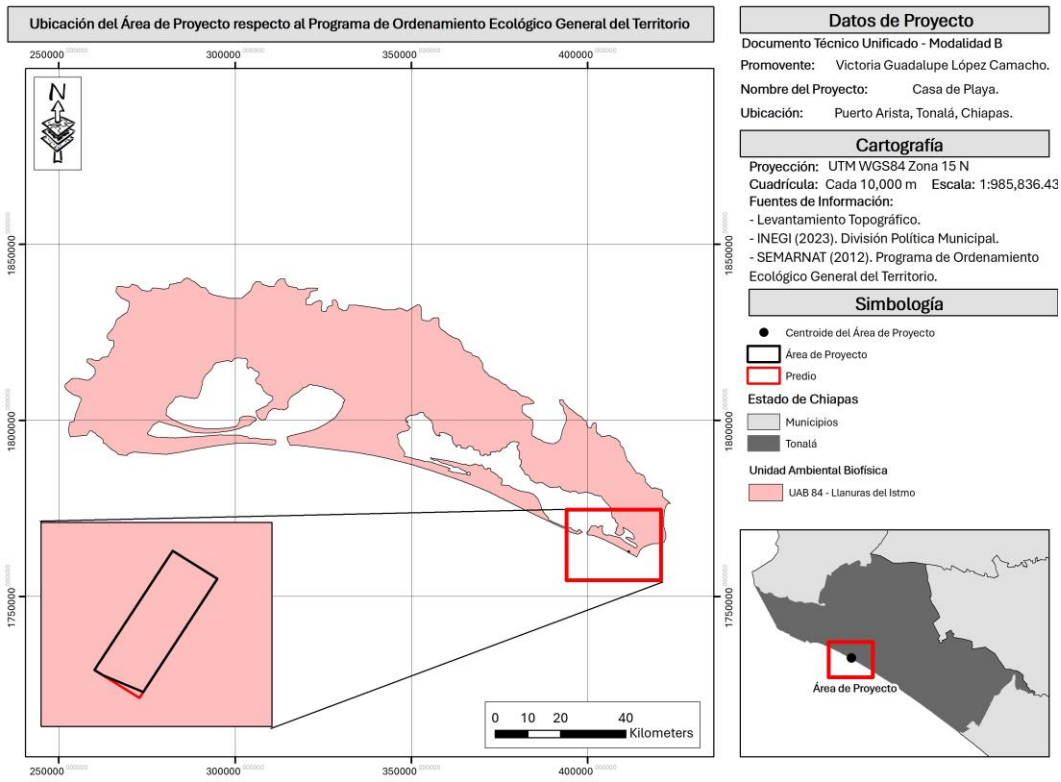
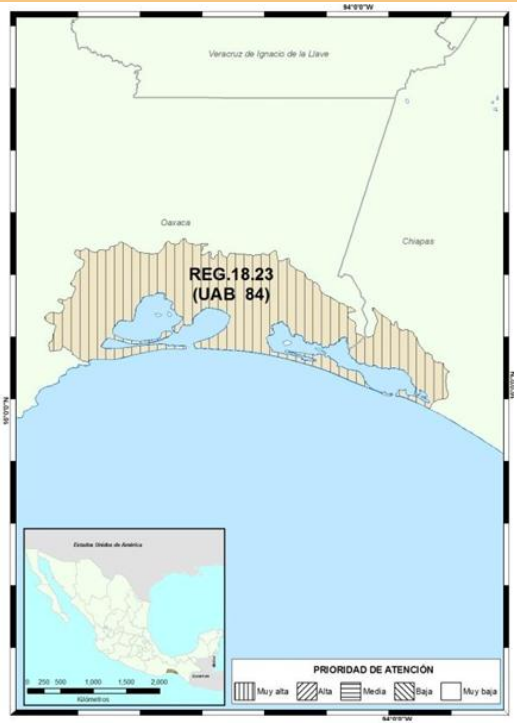


Figura 1. Ubicación del proyecto respecto al POEGT.

En seguida, se presenta la ficha técnica de la UAB No. 84:

Unidad Ambiental Biofísica No. 84		
REGION ECOLÓGICA: 18.23	84. Llanuras del Istmo	
Localización	Este de Oaxaca, Occidente de Chiapas	
Superficie (km²)	5,028.16	
Población Total	425,446 habitantes	
Población Indígena:	Chimalapas	
Estado Actual del Medio Ambiente 2008:	Crítico. Conflicto Sectorial Alto. Muy baja superficie de ANP's. Muy alta degradación de los Suelos. Muy alta degradación de la Vegetación. Baja degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es baja. Longitud de Carreteras (km): Baja. Porcentaje de Zonas Urbanas: Baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km²): Media. El uso de suelo es Agrícola y Forestal. Con disponibilidad de agua superficial. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 2.6. Alta marginación social. Bajo índice medio de educación. Muy bajo índice medio de salud. Alto hacinamiento en la vivienda. Medio indicador de consolidación de la vivienda. Muy bajo indicador de capitalización industrial. Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica	

Unidad Ambiental Biofísica No. 84					
		municipal. Bajo porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola con fines comerciales. Media importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.			
UAB	**Rectores del desarrollo**	**Coadyuvantes del desarrollo**	**Asociados del desarrollo**	**Otros sectores de interés**	**Estrategias sectoriales**
84	Ganadería – Industria	Desarrollo Social	Agricultura – Turismo	CFE – Minería – SCT	4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio					
B) Aprovechamiento Sustentable	**4.** Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. **5.** Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios. **6.** Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas. **7.** Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. **8.** Valoración de los servicios ambientales.				
C) Protección de los Recursos Naturales	**12.** Protección de los ecosistemas. **13.** Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.				
D) Restauración	**14.** Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.				
E) Aprovechamiento Sustentable de Recursos Naturales No Renovables y actividades económicas de producción y servicios	**15.** Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables. **15 Bis.** Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable. **16.** Promover la reconversión de industrias básicas (textil, vestido, cuero, calzado, juguetes, entre otros) a fin de que se posicionen en los mercados doméstico e internacional. **17.** Impulsar el escalamiento de la producción hacia manufacturas de alto valor agregado (automotriz, electrónica, autopartes, entre otras). **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. **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. **21.** Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo. **22.** Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional. **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).				
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana					
A) Suelo Urbano y Vivienda	**24.** Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.				
C) Agua y Saneamiento	**27.** Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región. **28.** Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico. **29.** Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.				

Unidad Ambiental Biofísica No. 84	
D) Infraestructura y Equipamiento Urbano y Regional	**30.** Construir y modernizar la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración de la región. **31.** Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas. **32.** Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional.
E) Desarrollo social	**36.** Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza **37.** Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas. **38.** Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza. **39.** Incentivar el uso de los servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza. **40.** Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores. mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. **41.** Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional	
A) Marco Jurídico	**42.** Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	**43.** Integrar, modernizar y mejorar el acceso al Catastro Rural y la Información Agraria para impulsar proyectos productivos. **44.** Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.

Tabla 1. Información de la Región Ecológica 18.23, UAB 84.

De acuerdo a la información presentada en la tabla anterior, el proyecto se relaciona con las siguientes estrategias indicadas en la UAB No. 84:

- ***Grupo: I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio***
- ***Inciso:*** *B) Aprovechamiento sustentable*
  - ***Estrategia:*** *4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.*

Vinculación: Se considera la vinculación del Proyecto con el aprovechamiento sustentable del ecosistema costero, debido a la ubicación de la vivienda, en la que se también se desarrollarán por los mismos residentes actividades de descanso, ocio y esparcimiento, pudiendo disfrutar de los atractivos que la zona ofrece y contribuyendo al consumo y beneficio de sus comercios; además, se generará ingreso económico por la participación de los habitantes locales en las actividades económicas que la Promovente pueda generar, por ejemplo, las actividades de limpieza y mantenimiento de las instalaciones.

- ***Grupo: II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana***
- ***Inciso:*** *A) Suelo Urbano y Vivienda*
- ***Estrategia:*** *24. Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.*

Vinculación: se considera pertinente la vinculación de acuerdo a las acciones que presenta dicha estrategia, que buscan asegurar que las viviendas tengan acceso a la infraestructura, equipamiento y servicios urbanos, regular la expansión de áreas urbanas cercanas a zonas forestales, así como áreas naturales protegidas, promoviendo que la creación o expansión de desarrollos habitacionales se autoricen en sitios con aptitud para ello e incluyan criterios ambientales que aseguren la disponibilidad y aprovechamiento óptimo de los recursos naturales, además de sujetarse a la respectiva manifestación de impacto ambiental.

El Proyecto considera la ejecución de un CUSTF, donde, posteriormente, se realizará la construcción, operación y mantenimiento de una vivienda, en un predio propiedad de la Promovente, que contará con la infraestructura y equipamiento necesario para el pleno desarrollo de las actividades, además de contar con los servicios urbanos básicos; además, debido a que el Área del Proyecto cuenta con vegetación forestal y se pretende la construcción de una vivienda en un ambiente costero, cuyas actividades se encuentran sujetas a presentar un Estudio Técnico Justificado (ETJ) y una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) , la Promovente adopta una postura responsable apegada a la normatividad vigente, presentando el Documento Técnico Unificado Modalidad B, para su respectiva evaluación, de acuerdo a las características del proyecto, y resolución por parte de la SEMARNAT.

Asimismo, si bien el proyecto **no** se encuentra dentro de ninguna ANP, si se localiza cercano al ANP Santuario "Playa Puerto Arista", se establecerán medidas de prevención y mitigación para evitar cualquier tipo de afectación durante la ejecución del proyecto.

- ***Grupo: III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional***
- ***Inciso:*** *A) Marco Jurídico*
- ***Estrategia:*** *42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.*

De igual manera, se vincula con la *Estrategia 42*, ya que a pesar de ubicare cerca de la franja costera, la Promovente cuenta con la Propiedad del sitio a través de la Escritura No. 14,931 (Catorce mil novecientos treinta y uno), Volumen Núm. 211, de fecha 15 de octubre de 2014, pasada ante la fe del Lic. Fernando Rodríguez Narváez, titular de la Notaría Pública número 47 del Estado de Chiapas; lo cual consolida la seguridad jurídica sobre la tenencia de la tierra, lo que ayuda a frenar la problemática del crecimiento irregular de la mancha urbana y la invasión de terrenos federales, sobre todo en ecosistemas costeros.

En suma, se considera al Proyecto como viable de acuerdo a lo establecido por el POEGT.

3.1.1.2. Programa de Ordenamiento Territorial de la Región Sur – Sureste (POTR-SSE)

El POTR-SSE, se encuentra alineado a la Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial (ENOT) y tiene diversos objetivos: orientar en el corto, mediano y largo plazo (2040) las

políticas territoriales de desarrollo urbano; armonizar los instrumentos de planeación territorial en sus diferentes escalas; encauzar la ocupación racional, justa, equitativa, inclusiva y sostenible del territorio y del acceso a equipamientos, bienes, servicios e infraestructura regional; promover un enfoque centrado en los derechos humanos, la disminución de la desigualdad, la perspectiva de género, y la participación y reconocimiento de pueblos indígenas, afroamericanos y sujetos agrarios, así como fortalecer las cadenas de valor para proteger el patrimonio cultural y natural de la región, facilitando la recuperación de los ecosistemas.

La región se integra por cinco entidades (Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán), contiene uno de los macizos más grandes de México y mejor conservados del mundo. Además, destaca por ser cuna de culturas prehispánicas como la maya y la olmeca, por lo que requiere especial atención a la conservación de las ruinas existentes, patrimonio tangible y cultural de todo México.

El Programa tiene como objetivo general *"generar un modelo de ordenamiento territorial que disminuya las brechas de desigualdad, garantice el bienestar y desarrollo de sus habitantes, proteja el territorio biocultural y el patrimonio de la región Sur Sureste; que sea el eje transversal para la creación de políticas, instrumentos y estrategias a largo y mediano plazo"*.

El modelo de ordenamiento se encuentra conformado por 1,088 Unidades de Gestión Territorial (UGT), que buscan maximizar el aprovechamiento sustentable del territorio, al configurar la ocupación y usos de suelo de áreas urbanizadas, urbanizables y no urbanizables, a través de seis políticas ambientales, las cuales son Protección, Conservación, Aprovechamiento Sustentable, Crecimiento Controlado, Mejoramiento y Consolidación.

De acuerdo al POTR-SSE, el Proyecto se ubica dentro de la política ambiental *"Protección"*, tal y como se presenta en la Figura 2. A continuación, se describen dicha política:

- **Política de protección**

  Esta política tiene por objeto proteger las zonas de alto valor ambiental y ecosistémico, así como las zonas de protección y salvaguardar en zonas de riego, zonas federales y áreas restringidas -identificadas como áreas no urbanizables-. En esta política se integró a su vez la política de restauración de los Programas Ecológicos Vigentes.

  Dentro de dichos Programas y cualquier otro instrumento ecológico vigente se considerará la protección como prioritaria, pero atendiendo a la existencia de actividades previamente permitidas en congruencia con los antes mencionados, que permitan la posibilidad a las poblaciones locales de utilizar el territorio como medida para alcanzar

el desarrollo, priorizando la conservación y restringiendo acciones que impacten negativamente a las zonas y elementos de alto valor ambiental o patrimonial.

De acuerdo a lo presentado anteriormente, es de importancia destacar que la política considera las áreas consideradas como de protección de acuerdo a los instrumentos ecológicos vigentes, pero atendiendo a la existencia de actividades previamente permitidas en congruencia con los instrumentos ecológicos existentes, por lo que no está de más mencionar que de acuerdo con el POET de los Paisajes Sostenibles de la Sierra Madre y Costa de Chiapas, el proyecto se encuentra en la UGA No. 841, con la política ambiental de "Aprovechamiento sustentable", respectivamente; en donde se encuentra el uso de "Asentamiento Humanos Rurales" como uso compatible, considerando y recordando que las obras que conforman el presente proyecto, formarán parte de una vivienda familiar, dentro de una zona con presencia de infraestructura perteneciente a zonas habitacionales, de negocios y de turismo.

Por ello, el proyecto es considerado VIABLE conforme a los lineamientos y políticas establecidas en los ordenamientos ecológicos vigentes existentes.

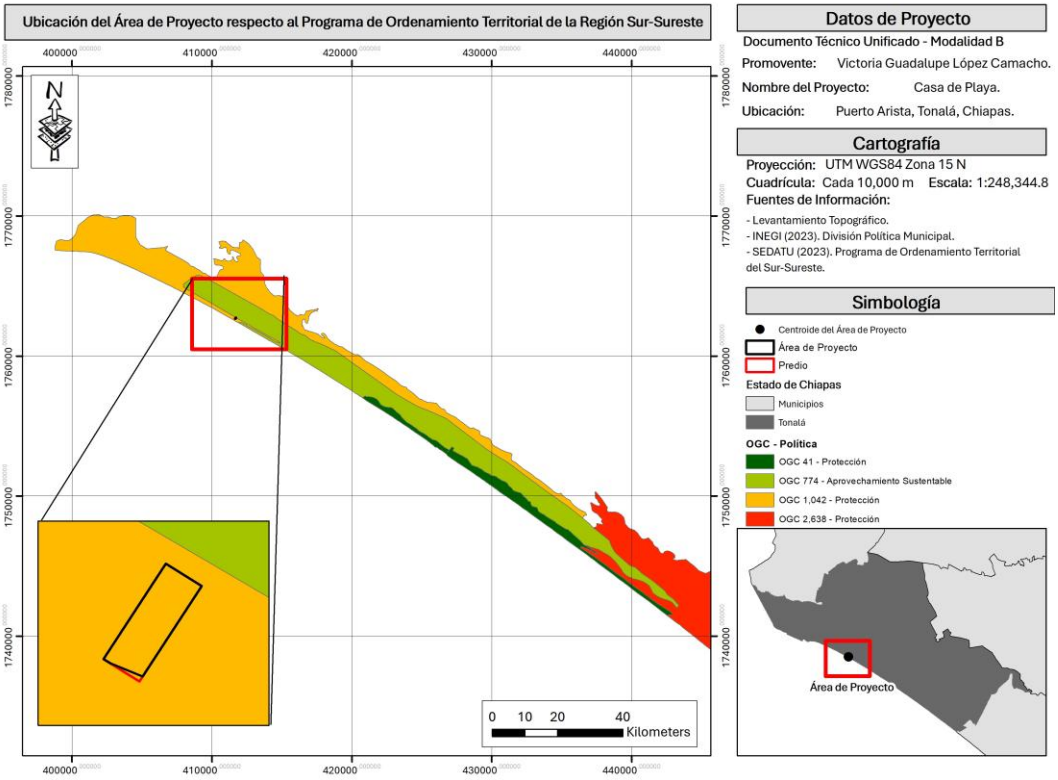


Figura 2. Ubicación del proyecto dentro del Modelo del POTR-SSE.

3.1.1.3. Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Chiapas (POETCH).

El **Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Chiapas (POETCH)** se decretó y publicó hace 13 años, en el Periódico Oficial del Estado, el día 7 de diciembre de 2012, con la finalidad de fomentar un uso ordenado, regulado y adecuado del suelo, así como de apoyar en la protección, conservación, restauración y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales en el Estado de Chiapas.

Este programa establece un Modelo de Ordenamiento Ecológico y Territorial que divide al estado en 125 Unidades de Gestión Ambiental (UGA), cada una con criterios ecológicos específicos. Además, define una política ambiental y clasificaciones de uso del suelo: uso predominante, recomendado, recomendado con condiciones y no recomendado; todo esto complementado con lineamientos ecológicos tanto generales como particulares.

Según el POETCH, el proyecto se encuentra ubicado en la UGA No. 110 con la política ambiental "Protección", como se indica observa en la Figura 3:

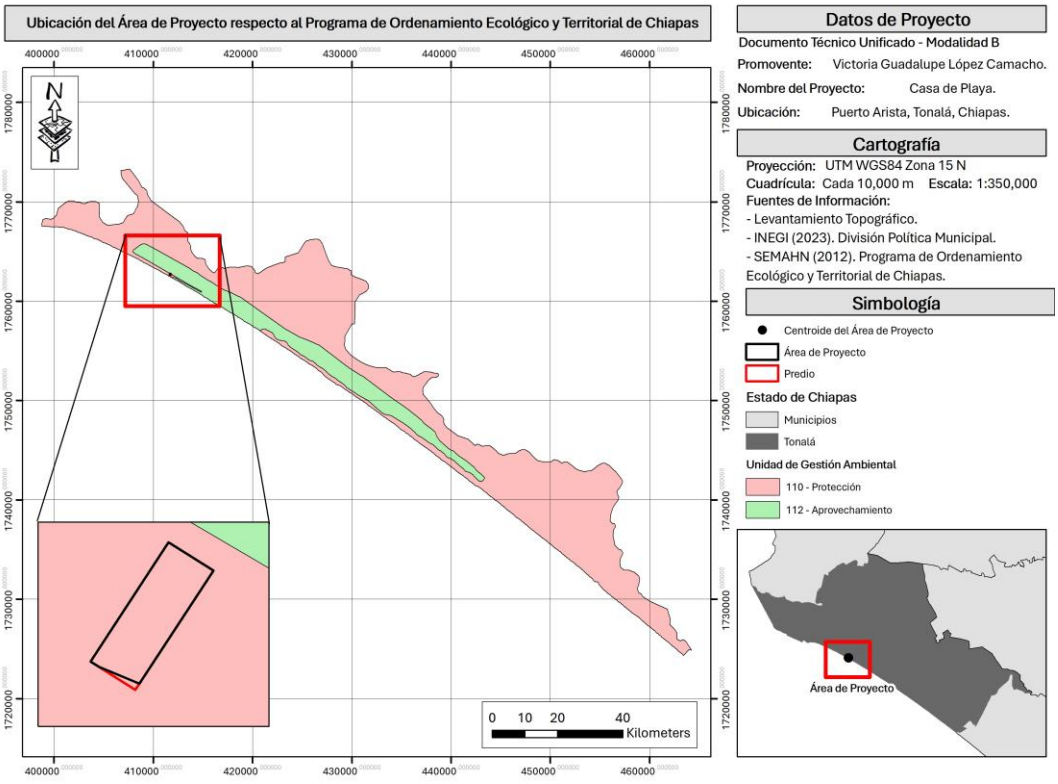


Figura 3. Ubicación del proyecto respecto al POETCH.

La política ambiental de **Protección (P)**, *"se asigna a aquellas áreas naturales susceptibles de integrarse al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) o a los sistemas equivalentes en el ámbito estatal y municipal. En estas áreas se busca el mantenimiento de los ambientes naturales con características relevantes, con el fin de asegurar el equilibrio y la continuidad*

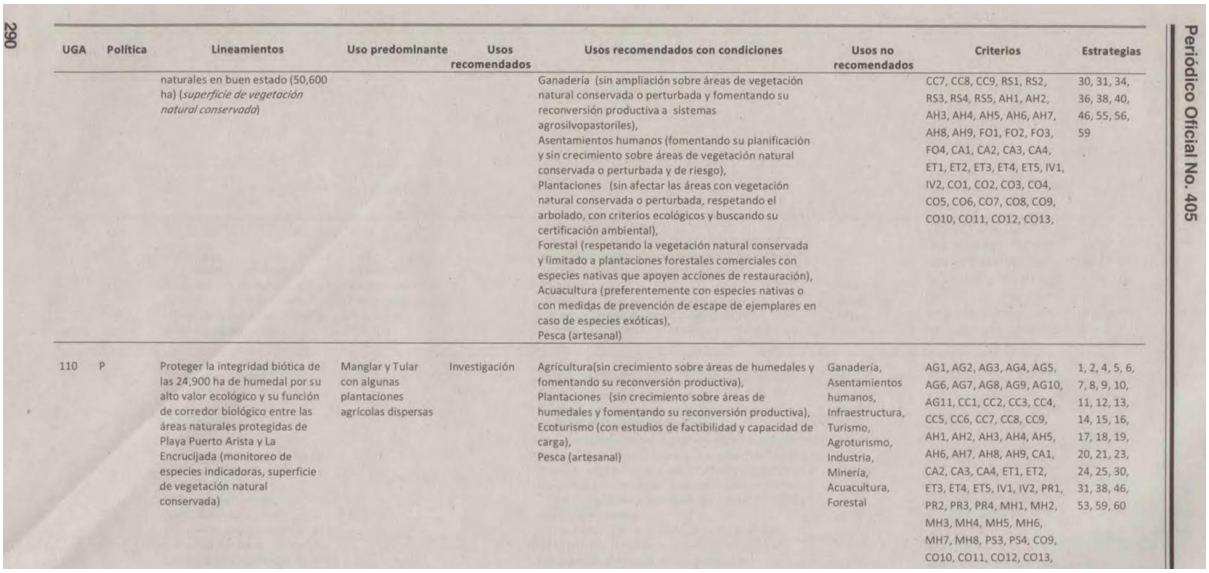
de los procesos evolutivos y ecológicos. La política de protección de áreas naturales implica un uso con fines recreativos, científicos o ecológicos. Quedan prohibidas actividades productivas o asentamientos humanos no controlados".

Asimismo, en la siguiente Tabla, se enlistan los usos de dicha UGA':

UGA	Usos recomendados	Usos Recomendados con Condiciones		Usos No Recomendados
No. 110	Investigación	Agricultura	Sin crecimiento sobre áreas de humedales y fomentando su reconversión productiva.	Ganadería, Asentamientos Humanos, Infraestructura, Turismo, Agroturismo, Industria, Minería, Acuacultura, Forestal
		Plantaciones		
		Ecoturismo	Con estudios de factibilidad y capacidad de carga.	
		Pesca	Artesanal	

Tabla 2. Usos de las UGA No. 110 en la que incide el proyecto.

Conforme a la tabla anterior, el uso de Asentamientos Humanos se establece como un uso no recomendado, sin embargo, sin embargo, de acuerdo a la *Tabla de Unidades de Gestión Ambiental con Política territorial, Lineamientos, Uso de suelo, Criterios y Estrategias*, presentada en la página número 290, de la Publicación No. 3554-A-2012, que contiene el POETCH, si se encuentran considerados los Criterios designados para dicho uso (Figura 5):



290

UGA	Política	Lineamientos	Uso predominante	Usos recomendados	Usos recomendados con condiciones	Usos no recomendados	Criterios	Estrategias
		naturales en buen estado (50,600 ha) (*superficie de vegetación natural conservada*)			Ganadería (sin ampliación sobre áreas de vegetación natural conservada o perturbada y fomentando su reconversión productiva a sistemas agrosilvopastoriles), Asentamientos humanos (fomentando su planificación y sin crecimiento sobre áreas de vegetación natural conservada o perturbada y de riesgo), Plantaciones (sin afectar las áreas con vegetación natural conservada o perturbada, respetando el arbolado, con criterios ecológicos y buscando su certificación ambiental), Forestal (respetando la vegetación natural conservada y limitado a plantaciones forestales comerciales con especies nativas que apoyen acciones de restauración), Acuacultura (preferentemente con especies nativas o con medidas de prevención de escape de ejemplares en caso de especies exóticas), Pesca (artesanal)		CC7, CC8, CC9, RS1, RS2, RS3, RS4, RS5, AH1, AH2, AH3, AH4, AH5, AH6, AH7, AH8, AH9, FO1, FO2, FO3, FO4, CA1, CA2, CA3, CA4, ET1, ET2, ET3, ET4, ET5, IV1, IV2, CO1, CO2, CO3, CO4, CO5, CO6, CO7, CO8, CO9, CO10, CO11, CO12, CO13,	30, 31, 34, 36, 38, 40, 46, 55, 56, 59
110	P	Proteger la integridad biótica de las 24,900 ha de humedal por su alto valor ecológico y su función de corredor biológico entre las áreas naturales protegidas de Playa Puerto Arista y La Encrucijada (monitoreo de especies indicadoras, superficie de vegetación natural conservada)	Manglar y Tular con algunas plantaciones agrícolas dispersas	Investigación	Agricultura(sin crecimiento sobre áreas de humedales y fomentando su reconversión productiva), Plantaciones (sin crecimiento sobre áreas de humedales y fomentando su reconversión productiva), Ecoturismo (con estudios de factibilidad y capacidad de carga), Pesca (artesanal)	Ganadería, Asentamientos humanos, Infraestructura, Turismo, Agroturismo, Industria, Minería, Acuacultura, Forestal	AG1, AG2, AG3, AG4, AG5, AG6, AG7, AG8, AG9, AG10, AG11, CC1, CC2, CC3, CC4, CC5, CC6, CC7, CC8, CC9, AH1, AH2, AH3, AH4, AH5, AH6, AH7, AH8, AH9, CA1, CA2, CA3, CA4, ET1, ET2, ET3, ET4, ET5, IV1, IV2, PR1, PR2, PR3, PR4, MH1, MH2, MH3, MH4, MH5, MH6, MH7, MH8, PS3, PS4, CO9, CO10, CO11, CO12, CO13,	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 30, 31, 38, 46, 53, 59, 60

Periódico Oficial No. 405

Figura 1. Ficha UGA No. 110 del POETCH

Por lo que en seguida se presenta la vinculación con todos los criterios establecidos y encontrados en la página número 290 de la publicación citada anteriormente, para el Uso Asentamientos Humanos, así como de Conservación, dadas las medidas compensatorias consideradas para el proyecto:

Clave	Criterio	Cumplimiento
AH1	Los asentamientos humanos mayores a 1,500 habitantes deberán contar con infraestructura para el acopio y/o manejo de desechos sólidos, aunado a programas de reciclamiento de residuos.	No es aplicable, ya que el Proyecto consiste en la construcción, operación y mantenimiento de una sola vivienda.
AH2	En los asentamientos menores a 1,500 habitantes, se formularán y aplicarán programas de reciclamiento de residuos.	No es aplicable, sin embargo, se considera su vinculación, ya que se colocarán contenedores para el almacenamiento de los residuos dentro del inmueble. Asimismo, se fomentará la separación primaria de los residuos, en búsqueda de mejorar las actividades de reciclaje en los sitios de disposición final.
AH3	Se evitará la disposición de aguas residuales, descargas de drenaje sanitario y desecho sólido en ríos, canales, barrancas o en cualquier tipo de cuerpo natural.	A lo largo de toda la vida útil del Proyecto, estará totalmente prohibida la descarga de sustancias perjudiciales en los cuerpos de agua cercanos. El proyecto contará con un biodigestor para el tratamiento de aguas grises, y se llevará a cabo un mantenimiento periódico para asegurar que no ocurran fugas ni derrames de este tipo de líquidos.
AH5	Se promoverá que las poblaciones con menos de 2,500 habitantes dirijan sus descargas hacia letrinas o, dependiendo de las características del medio en que se asientan, establezcan sistemas alternativos.	Los baños están debidamente instalados y conectados a un biodigestor, el cual estará en constante monitoreo y cuyas aguas serán tratadas por una empresa especializada y autorizada para tales tareas.
AH6	Se deberá contar con estudios de riesgos naturales para prevenir afectaciones a la población.	No se considera aplicable, sin embargo, de ser necesario, se gestionarán los permisos correspondientes en la materia.
AH7	Se evitará el desmonte de la cobertura vegetal en áreas contiguas a cuerpos de agua para el establecimiento de asentamientos.	No se llevará acabo el desmonte de la vegetación en ninguna zona contigua a cuerpos de agua.
AH8	Se mejorará la accesibilidad a las comunidades más aisladas mejorando la vialidad y los transportes y acercando los servicios de salud, educación y telecomunicaciones.	El sitio dispone de vías de acceso en buen estado. Además, el predio se localiza a una corta distancia de los centros de salud más próximos y cuenta con servicios básicos.
AH9	Se establecerán los programas y se tomarán acciones concertadas e integrales para la prevención y la intervención en caso de peligros hidrometeorológicos y la restauración de las áreas afectadas.	Cuando existan avisos por parte de la Secretaría de Protección Civil sobre peligros hidrometeorológicos y se tengan consideradas acciones de mantenimiento, estas serán reprogramadas o suspendidas para garantizar la salvaguarda del personal. Además, se considerará realizar la capacitación a los trabajadores sobre este rubro y las acciones que deben realizar en ese tipo de situaciones.
CO9	Los usos del suelo en las áreas adyacentes a las playas de anidación de tortugas no deberán afectar las anidadas.	El proyecto se realizará en dentro de la superficie delimitada para las actividades, fuera de zonas federales y terrenos ganados al mar. Se respetarán las zonas y temporadas de anidación, informando dichos avistamientos a la autoridad correspondiente.

Clave	Criterio	Cumplimiento
CO10	Queda estrictamente prohibido capturar, perseguir, molestar o dañar en cualquier forma a ejemplares de las especies y subespecies de tortuga marina, así como colectar, poseer y comerciar con sus huevos o productos.	Será obligatorio la aplicación de esta medida durante todas las etapas del proyecto y a lo largo de la vida útil del mismo.
CO11	Durante la temporada del desove de las tortugas marinas, de junio a noviembre, será responsabilidad de los administradores de los desarrollos turísticos implementar programas de vigilancia y protección de las tortugas que arriben a la playa, a fin de no intervenir con el desove, siendo estos administradores depositarios de la responsabilidad de protección de los nidos.	Se respetarán las zonas y temporadas de anidación, informando dichos avistamientos a la autoridad correspondiente, y trabajando en conjunto para la apropiada protección de los nidos y aplicación de medidas de conservación requeridas.
CO12	Las autoridades estatal y municipal tomarán las medidas necesarias para evitar el tránsito de vehículos automotores sobre la playa, salvo el necesario para acciones de recolección de huevos, vigilancia y mantenimiento autorizados.	El proyecto no contempla el tránsito de vehículos sobre la playa. Se hará de conocimiento a los usuarios de las instalaciones sobre dicho lineamiento.
CO13	En playas de arribazón de tortugas la autoridad municipal impedirá el acceso a ganado vacuno, porcino, equino, ovino o de cualquier otra índole, o introducción de especies exóticas, ni el acceso de perros y gatos, así como la permanencia de residuos fecales de los mismo en la playa.	El proyecto no promoverá ni permitirá el acceso de ganado vacuno, porcino, equino, ovino o de cualquier otra índole, o introducción de especies exóticas, ni el acceso de perros y gatos a la zona de playa. Quedará estrictamente prohibido el depósito de residuos fecales fuera de los baños y en las colindancias del proyecto.

Tabla 3. Vinculación del Proyecto con Criterios de la UGA 110 del POETCH.

El proyecto se realizará en una superficie considerablemente reducida, cercana a zonas con incidencia antropogénica. Además, no incide dentro de áreas naturales, para las cuales se establece la política de protección, y parte de las obras tendrán fines de esparcimiento y recreación. Además, es de importancia considerar que, en la UGA, a pesar de dicha recomendación, en ella existe infraestructura perteneciente a zonas habitacionales y turísticas, resaltando la ubicación de la población de Puerto Arista dentro de la Unidad, una de las localidades con mayor relevancia en el municipio por su importancia turística, siendo entonces el proyecto, un tipo de infraestructura semejante a las ya establecidas en las colindancias.

En cuanto a sus lineamientos, la UGA No. 110 establece lo siguiente:

> *"Proteger la integridad biótica de las 24,900 ha de humedal por su alto valor ecológico y su función de corredor biológico entre las áreas naturales protegidas de Playa Puerto Arista y La Encrucijada (monitoreo de especies indicadoras, superficie de vegetación natural conservada)"*

Respecto a lo anterior, es importante reiterar que el proyecto NO incide dentro de las Áreas Naturales Protegidas Playa Puerto Arista o La Encrucijada.

Tomando en cuenta la naturaleza del proyecto, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 7°, Fracciones VI, LX Bis, LXXI y LXXX de la **Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)** que dicen:

> *"**VI. Cambio de uso del suelo en terreno forestal:** La remoción total o parcial de la vegetación forestal de los terrenos forestales arbolados o de otros terrenos forestales para destinarlos o inducirlos 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;*
>
> ***LXXX. Vegetación forestal:** Es el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales;*
>
> *(…)"*

Por lo anterior, el Promovente exhibe el presente DTU-B para su evaluación ante la Oficina de Representación de la SEMARNAT en Chiapas; toda vez que así lo indica el Reglamento de la LGDFS en su Artículo 68, Fracción I que detalla:

> *"**Artículo 68.** Corresponderá a la Secretaría emitir los siguientes actos y autorizaciones:*
>
> *I. Autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por excepción;*
>
> *(…)".*

Así como lo mencionado en el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA), en su Artículo 28, Fracción VII que dice:

> *"**Artículo 28.** (…). Para ello, en los casos 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 de suelo en áreas forestales, así como selvas y zonas áridas.*
>
> *(…)".*

Se debe recalcar que, con base en lo estipulado en el Artículo 93, Primer Párrafo de la LGDFS que a letra dicta:

> *"La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de 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, la capacidad de almacenamiento de carbono, 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 relación a lo previamente citado, en los Capítulos del presente DTU-B se demuestra el cumplimiento de las hipótesis plasmadas en el instrumento jurídico mencionado; por lo que el proyecto **cumple** con los criterios solicitados por la legislación mencionada para ser autorizado por excepcionalidad.

A pesar del impacto directo sobre la vegetación forestal de duna costera, se propone la implementación de diversas medidas para prevenir, mitigar y compensar los efectos adversos que pudieran surgir como resultado del proyecto, la cuales son detalladas en el Capítulo 9 del presente DTU-B. Entre las medidas planteadas, se encuentra la ejecución de un **Programa de Reforestación**, el cual incluirá la siembra de especies nativas, que contribuirán a la recuperación y conservación del ecosistema local. Por medio de esto, se llevará a cabo la restauración de la vegetación, lo que favorecerá la recuperación de la biodiversidad y mejorará el funcionamiento de los servicios ambientales, tales como la captura de carbono, capacidad de infiltración del agua y disminución de la erosión.

De forma adicional a las actividades de reforestación, se implementarán *obras de conservación de suelos y agua* como una medida de mitigación ante los efectos adversos de la erosión de suelos, ocasionada por la remoción de la cobertura vegetal. A través de dichas obras y de las acciones de reforestación, se compensará la tasa erosiva, así como se expone detalladamente en el **Capítulos 7** y **9** del presente DTU-B.

Por otro lado, es importante mencionar que también se llevarán a cabo medidas de prevención y mitigación ante cualquier impacto que pudiera ocasionarse hacia la biodiversidad del sitio, en este sentido, es importante señalar se propone llevar a cabo los **Programas de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna Silvestre**, mismos que se describen en el **Capítulo 11** del presente DTU-B. Dichos programas considerarán la posible aparición de especies de Flora y Fauna que se encuentran enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III, a manera de cumplir con la hipótesis establecida en la LGDFS.

De igual manera, se realizará la supervisión ambiental por medio del Programa de Manejo Ambiental, el cual contemplará las medidas propuestas en el presente DTU-B, así como las

que indique la Secretaría en la resolución correspondiente. De esta forma, se podrá dar seguimiento a la implementación efectiva de las medidas, y facilitará la toma de decisiones informadas, permitiendo la adaptación de estrategias en caso de ser necesario, con la finalidad de minimizar impactos negativos hacia el medio natural.

No se omite mencionar que no se realizarán actividades de CUSTF sin antes contar con la autorización favorable por parte de la Oficina de Representación de la SEMARNAT en el Estado de Chiapas. De acuerdo con lo anterior, el presente proyecto contempla toda una serie de mecanismos para prevenir, mitigar y/o compensar los impactos ambientales que se ocasionarán por su implementación. Asimismo, existirán medidas adicionales que establecerá la Autoridad, posterior a la evaluación del proyecto y que tendrán como objetivo la conservación y preservación del medio natural.

Además, es de importancia mencionar que, para el municipio de Tonalá donde se encuentra ubicado el área del Proyecto, se cuenta con un ordenamiento ecológico territorial más reciente, más localizado y específico que lo integra en su totalidad, siendo este el *"Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio de los Paisajes Sostenibles de la Sierra Madre y Costa de Chiapas"*, por lo que a continuación se presenta la vinculación del Proyecto con dicho programa.

3.1.1.4. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio de los Paisajes Sostenibles de la Sierra Madre y Costa de Chiapas.

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio de los Paisajes Sostenibles de la Sierra Madre y Costa de Chiapas (POETPSSMCCH), fue publicado el día 06 de noviembre de 2024 en el Periódico Oficial del Estado de Chiapas, cuyo objeto se expresa en su Artículo 2:

> ***Artículo 2.-*** *"El Programa tiene por objeto regular el uso del suelo y las actividades productivas, en los paisajes sostenibles de la Sierra Madre y Costa de Chiapas; con el fin de lograr la protección del medio ambiente, así como la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento".*

Y en su Artículo 3, se indica el área sujeta al Programa:

> ***Artículo 3.- "****El área sujeta al Programa, comprende los Municipios de Acacoyagua, Acapetahua, Ángel Albino Corzo, Arriaga, Cacahoatán, Capitán Luis Ángel Vidal, Chicomuselo, Cintalapa, El Porvenir, Escuintla, Frontera Hidalgo, Honduras de la Sierra, Huehuetán, Huixtla, Jiquipilas, La Concordia, Mapastepec, Mazapa de Madero, Mazatán, Metapa, Montecristo de Guerrero, Motozintla, Pijijiapan, Siltepec, Suchiate, Tapachula,* ***Tonalá****, Tuxtla Chico, Tuzantán, Unión Juárez, Villa Comaltitlán, Villa Corzo y Villaflores. (...)".*

Asimismo, sus objetivos se enlistan en su Artículo 12:

> ***Artículo 12.-*** *El Programa tiene como objetivos:*
>
> *I. Regular y promover el uso adecuado del suelo orientado a las actividades productivas sostenibles en función del potencial y estado de los recursos naturales, para mejorar la vida de la población en el desarrollo social y económico.*
> *II. Integrar y promover un marco de certidumbre para la inversión pública, privada y social.*
> *III. Establecer estrategias socioambientales, Lineamientos Ecológicos, identificar las zonas prioritarias para la Mitigación y Adaptación, la seguridad alimentaria y recarga hídrica.*
> *IV. Promover dentro de los esquemas productivos la restauración de ecosistemas.*
> *V. Fortalecer la gobernanza, la equidad y la participación social en la definición y consolidación de las políticas de desarrollo a través del Comité y la formación de los Guardianes del Ordenamiento.*
> *VI. Promover la protección de especies de flora y fauna en sitios con alto valor biológico.*
> *VII. Garantizar el estricto cumplimiento de los derechos humanos y de los criterios socioterritoriales.*
> *VIII. El Programa no autoriza bajo ninguna circunstancia obras y/o actividades, es un instrumento de política ambiental complementario a la evaluación de impacto ambiental y la autorización de cambios de uso del suelo, entre otros.*

Generando entonces, un modelo con Unidades de Gestión Ambiental, que están representadas en fichas que describen la política ambiental, los usos compatibles para cada UGA que definen los sectores que pueden estar presentes, así como los usos del suelo incompatibles que no deben promoverse en la UGA.

Localizándose el Proyecto dentro de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) No. 841, la cual tiene asignada la política ambiental de **"Aprovechamiento sustentable"**. Su enfoque específico es el *"Aprovechamiento rural sustentable",* que contempla actividades compatibles con la producción primaria como la agricultura y la ganadería para autoconsumo, así como el Manejo Forestal Comunitario, además de actividades secundarias de bajo impacto, como ciertas agroindustrias, y servicios basados en el valor paisajístico, como el ecoturismo.

La localización del proyecto en relación con el POETPSSMCCH se muestra en la figura siguiente:

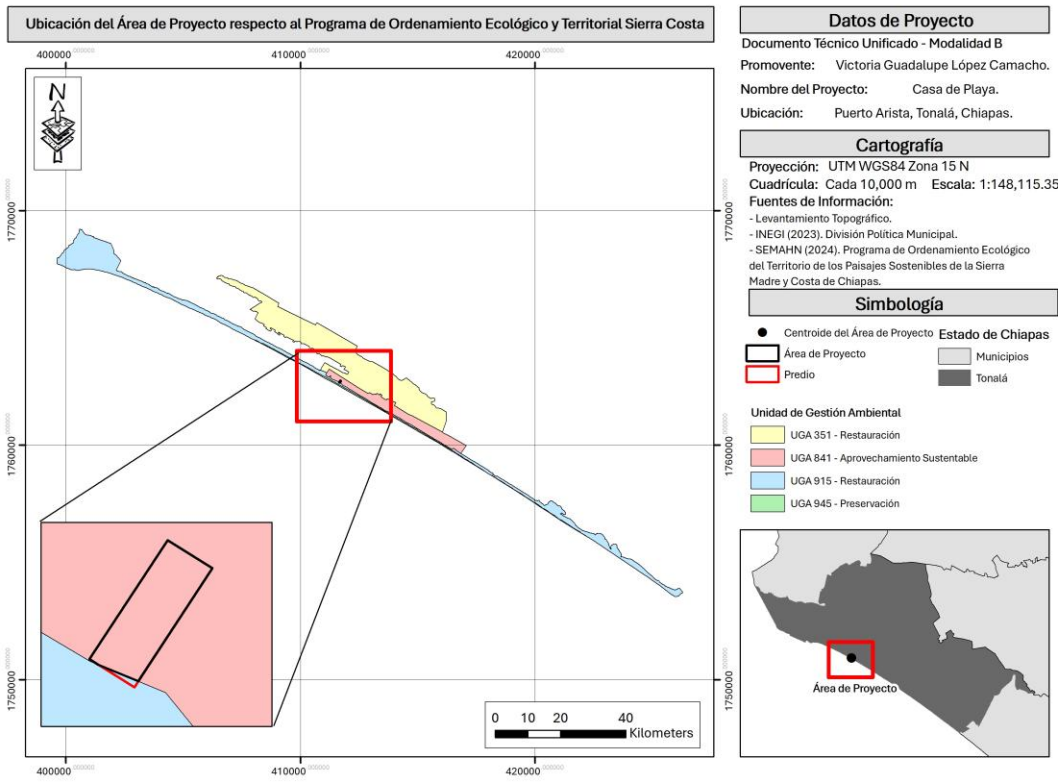


Figura 4. Ubicación del Proyecto dentro del POETPSSMCCH.

Respecto al lineamiento general de la UGA No. 841 expresa *"Aprovechar sustentablemente los recursos ambientales y paisajes del asentamiento humano rural, asegurando que disponga de las medidas mínimas que eviten la contaminación por residuos sólidos, descargas de aguas no tratadas y uso descontrolado de materiales mineros no metálicos, en particular si la localidad aumenta su población más allá de su tasa de crecimiento natural. Este lineamiento se aplica a toda la superficie de la UGA (239.9 ha).*

Respecto al lineamiento de la UGA, el Proyecto se encuentra en congruencia ya que tanto para la ejecución del CUSTF como la construcción y operación de la vivienda, se han diseñado diversas medidas para evitar la contaminación por residuos sólidos y descarga de aguas residuales (dichas medidas se detallan en el Capítulo 9 del presente DTU-B).

Asimismo, de acuerdo a la ficha que contiene la información de la UGA, dentro de sus **Usos compatibles** se encuentran los siguientes:

- Agricultura de riego, comercial, protegida y tecnificada (incluye mango, plátano, frutales y hortalizas) (agr)
- Agricultura tradicional y de temporal (Ag)
- Agricultura protegida de hongos comestibles (Ahon)
- **Asentamientos humanos rurales (Hr)**

- Ecoturismo (Et)
- Energía solar (Esol)
- Granjas acuícolas y camaronícolas (Ac)
- Granjas de algas comestibles (Alg)
- Industria mediana y ligera y agroindustria (Id)

En este contexto, y considerando la ubicación del proyecto y que las obras corresponderán a una vivienda, este se relaciona con el uso destinado a ***Asentamientos Humanos Rurales***; por ello, en la siguiente Tabla, se presenta la vinculación con los criterios correspondientes a dicho uso:

Clave	Criterio	Cumplimiento
Hr01	El crecimiento de las comunidades rurales deberá desarrollarse en los espacios libres al interior de las mismas o en los predios contiguos a la comunidad, a distancias máximas de 500 m de la periferia del centro de población.	El Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción de una vivienda cercana a los centros de población.
Hr02	La disposición o la quema de desechos sólidos deben de destinarse a un centro de acopio de residuos o de gestión de residuos municipal o intermunicipal final para impedir impactos al ambiente en barrancas, escurrimientos, predios baldíos, tiraderos a cielo abierto, minas inactivas. El mismo criterio aplica en el caso de las descargas de aguas residuales.	Se establecerán contenedores para el almacenamiento de los residuos generados tanto para la ejecución del CUSTF como para la construcción y operación de la vivienda; para lo último, los residuos se llevarán al sitio de acopio para que el Servicio de Recolección y Limpia Municipal se encargue de su disposición final.
Hr03	Los residuos sólidos generados por establecimientos comerciales, de servicio y manufacturas, deberán ser recolectados en su totalidad.	Si bien el proyecto no se trata de uno de estos establecimientos, se considera su vinculación con el criterio ya que se establecerán contenedores para el almacenamiento de los residuos generados tanto para la ejecución del CUSTF como para la construcción y operación de la vivienda; para lo último, los residuos se llevarán al sitio de acopio para que el Servicio de Recolección y Limpia Municipal se encargue de su disposición final.
Hr04	Los residuos sólidos deben de ser separados por los generadores para su reutilización o reciclaje.	Se establecerán contenedores para el almacenamiento de los residuos generados tanto para la ejecución del CUSTF como para la construcción y operación de la vivienda; para lo último, los residuos se llevarán al sitio de acopio para que el Servicio de Recolección y Limpia Municipal se encargue de su disposición final y se promoverá la clasificación de los residuos y su separación, con el fin de mejorar las actividades de reciclaje en los sitios de disposición final.
Hr05	En el caso de los asentamientos humanos que se ubican alrededor de zonas de alta productividad agrícola, se reorientar su crecimiento y establecer una perimetral de amortiguamiento entre la zona agrícola y la urbana de al	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción, operación y mantenimiento de una vivienda y este no se encuentra cercano a una zona de alta productividad agrícola.

Clave	Criterio	Cumplimiento
	menos 100 metros en los que se restringir el uso de sustancias de síntesis química utilizados para la productividad agrícola para limitar las incompatibilidades de uso del suelo. El seguimiento de este criterio corresponde a la SEMAHN, para lo cual establecerá un convenio de colaboración con las instituciones responsables del desarrollo agropecuario.	
Hr06	Los proyectos habitacionales de más de 50 viviendas que se promuevan en la UGA deberán contar con un protocolo de gestión integral de residuos sólidos que contemple el reúso, reciclaje y disposición final de estos.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción operación y mantenimiento de una vivienda, sin embargo, establecerán contenedores para el almacenamiento de los residuos generados tanto para la ejecución del CUSTF como para la construcción y operación de la vivienda; para lo último, los residuos se llevarán al sitio de acopio para que el Servicio de Recolección y Limpia Municipal se encargue de su disposición final, y se promoverá la clasificación de los residuos y su separación, con el fin de mejorar las actividades de reciclaje en los sitios de disposición final.
Hr07	Los establos y corrales pecuarios dentro de los asentamientos humanos deben cumplir con las disposiciones sanitarias establecidas por las Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental, en particular con los aspectos de uso del agua, disposición de desechos y aguas residuales, ruido y contaminación atmosférica.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución del CUSTF, donde, posteriormente, se realizará la construcción, operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr08	El establecimiento de reservas territoriales para el adecuado desarrollo de los centros de población deberá hacerse en conjunto con las autoridades comunitarias, agrarias, municipales, estatales y federales correspondientes.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr09	Solo las superficies con pendientes menores a 30º y mayores a 2º son susceptibles de ubicación de nuevos asentamientos humanos.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr10	Las acciones de mejoramiento e imagen urbana, dotación de servicios y saneamiento ambiental, deberán realizarse con apego a los lineamientos estipulados en el Plan Parcial de Desarrollo Urbano correspondiente y en estrecho cumplimiento con la normatividad vigente.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr11	El establecimiento de asentamientos humanos se permitirá en áreas que no sean tiraderos, rellenos sanitarios y todo lugar que contenga desechos sólidos urbanos.	El Área del Proyecto no se encuentra ubicado dentro de ninguno de los sitios mencionados.

Clave	Criterio	Cumplimiento
Hr12	Las zonas de preservación están excluidas para la ubicación de rellenos sanitarios.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr13	Se deben sanear y controlar los tiraderos clandestinos mediante técnicas de restauración de ecosistemas, se podrá tomar como guía el manual para la rehabilitación y clausura de tiraderos a cielo abierto.	El Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr14	La quema de residuos de cualquier tipo a cielo abierto queda excluida en el asentamiento humano.	El Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción, operación y mantenimiento de una vivienda. Sin embargo, se hará de conocimiento para el personal y residentes que esta actividad queda completamente prohibida en cualquier etapa del Proyecto.
Hr15	Los nuevos establos y corrales y las actividades pecuarias existentes deberán ubicarse afuera de los asentamientos humanos en otras áreas de la UGA o UGAS contiguas que lo permitan con el fin de disminuir conflictos entre ambos sectores.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción, operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr16	Los proyectos de construcción que se promuevan en la UGA deberán desarrollarse en zonas que no estén identificadas como prioritarias para la preservación del patrimonio histórico, arqueológico, paleontológico y cultural.	El Proyecto es viable de acuerdo con el presente ordenamiento y a los usos compatibles y/o recomendados que este establece.
Hr17	En todo proyecto de construcción de infraestructura urbana dentro de la UGA se deberá dejar por lo menos un 25% de la superficie del predio a área verde.	El Proyecto consiste en la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción, operación y mantenimiento de una vivienda, este ha considerado la reforestación de un área como medida de compensación (dicha medida se describe a mayor detalle en el Capítulo 8 del presente DTU-B).
Hr18	En los asentamientos humanos rurales existentes, se promueven acciones de reforestación con especies nativas que hayan sido desprovistas de vegetación y en áreas que representan un riesgo por erosión y deslave.	Si bien el Proyecto consiste en la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción, operación y mantenimiento de una vivienda, este ha considerado la reforestación de un área como medida de compensación (dicha medida se describe a mayor detalle en el Capítulo 8 del presente DTU-B).
Hr19	Las áreas que contengan ecosistemas frágiles, y/o bajo alguna categoría especial de protección, se consideran como áreas no urbanizables, en específico en zonas de manglar, humedales, vegetación hidrófila, riparia, cauces y riberas de ríos y arroyos, cuerpos de agua, zonas de recarga de acuíferos, zonas de inundación fluvial, pluvial y costera, bocabarras costeras, playas, dunas, esteros y antiguos brazos o lechos secos de arroyos, con acuíferos sobreexplotados, cañadas, bosques mesófilos de montaña y selvas altas perennifolias primarias.	El Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF, por la remoción de vegetación de duna costera y, posteriormente, la construcción, operación y mantenimiento de una vivienda, sin tener incidencia sobre alguna Área Natural Protegida (ANP). Por lo que se presenta el presente DTU-B, con las características del Proyecto y las medidas respectivas para su ejecución, ante la SEMARNAT debido a que el proyecto es de su competencia, para su evaluación y pertinente autorización en materia de Impacto Ambiental y Forestal.

Clave	Criterio	Cumplimiento
Hr20	En los asentamientos humanos rurales debe respetarse la vegetación nativa, este criterio se extiende también a la periferia del centro de población en una zona de amortiguamiento de 20 metros; el eventual derribo debe tener una justificación técnica avalada y autorizada por la SEMAHN.	El Proyecto consiste en la ejecución de un CUSTF, por la remoción de vegetación de duna costera y, posteriormente, la construcción, operación y mantenimiento de una vivienda. De ser autorizado, la vegetación será removida en su totalidad, sin embargo, se considera la ejecución de un programa de reforestación como medida compensatoria ante los efectos de la ejecución del CUSTF.
Hr21	Para conservar la salud de la población, la planeación del asentamiento humano deberá contemplar áreas verdes, con una superficie mínima de 12 m^2 / habitante, las cuales deberán contar preferentemente con especies vegetales nativas.	
Hr22	En las áreas de preservación sólo se deberán ejecutar obras para el mantenimiento de la infraestructura ya existente permitiendo la instalación o ampliación de infraestructura básica que cubra las necesidades de los habitantes ya establecidos, en las ANP que cuenten con Plan de Manejo, deberá observarse lo que en este instrumento se establezca al respecto.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción, operación y mantenimiento de una vivienda. Sin tener incidencia o ubicarse dentro de alguna ANP.
Hr23	Los proyectos de construcción que se promuevan deberán contar con autorización de Impacto Ambiental y/o de Cambio de Uso de Suelo de terrenos forestales, cuando así resulte aplicable.	El presente estudio constituye un Documento Técnico Unificado Modalidad B (DTU-B) que debe ser presentado ante la SEMARNAT debido a que el proyecto es de su competencia, para su evaluación y pertinente autorización en materia de Impacto Ambiental y Forestal.
Hr24	Durante el proceso de evaluación, seguimiento y monitoreo del cumplimiento del presente instrumento, la SEMAHN deberá incluir en su sistema de información (base de datos e información pública), los datos generados para la aplicación y seguimiento de políticas ambientales, así como los cambios de uso de suelo en el territorio de la UGA.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr25	En los lotes y terrenos baldíos de las zonas urbanas se privilegiará la vegetación natural, o se facilitará su uso para programas alternativos de producción agropecuaria sustentable.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr26	En las zonas carentes de infraestructura de suministro de agua entubado o con déficit en el servicio se deberán de implementar ecotecnias para la captura, almacenamiento y filtrado del agua de lluvia que permitan ampliar la cobertura del servicio.	El Proyecto, especialmente en la etapa de operación y mantenimiento de la vivienda, se tomarán consideraciones para el ahorro del agua.
Hr27	Se debe establecer la infraestructura y las obras necesarias para permitir la contención y el desvió de corrientes de agua, deslaves y otros fenómenos que pongan en peligro las viviendas e infraestructura que ya esté construida.	En el diseño del Proyecto, se han considerado estas indicaciones.

Clave	Criterio	Cumplimiento
Hr28	Para el adecuado desalojo de agua pluvial y agua residual, se deberá contar con infraestructura por separado para el manejo y conducción de cada tipo de agua. El drenaje pluvial de talleres mecánicos deberá contar con sistemas de retención de grasas y aceites.	En el diseño de la vivienda, se consideraron estas indicaciones.
Hr29	El desarrollo de obras al interior del asentamiento, sean públicos o privados deberán considerar medidas para favorecer la infiltración del agua.	El Proyecto consiste en la ejecución de un CUSTF, por la remoción de vegetación de duna costera y, posteriormente, la construcción de una vivienda. De ser autorizado, la vegetación será removida en su totalidad, sin embargo, se considera la ejecución de un programa de reforestación como medida compensatoria ante los efectos de la ejecución del CUSTF.
Hr30	Se tratará el agua residual de todas las localidades con población menor a 2,500 habitantes se buscará la incorporación de infraestructura adecuada para el correcto manejo de aguas residuales.	El Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr31	Se implementarán drenes, resumideros y pozos de absorción como medida de prevención de inundaciones en el asentamiento humano, esto, sin afectar o trasladar el problema a zonas aledañas.	
Hr32	La desecación de cuerpos de agua y la obstrucción de escurrimientos fluviales son acciones que quedan excluidas en las UGA.	
Hr33	En el desarrollo de obras y actividades cercanas a cauces de ríos y arroyos (Ribera o Zona Federal de corrientes de agua), se mitigará la afectación de lecho de ríos, corrientes y de los procesos de recarga de acuíferos.	El Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda. De ser autorizado, se considera la ejecución de un programa de reforestación como medida compensatoria ante los efectos de la ejecución del CUSTF.
Hr34	La disposición de aguas residuales, descargas de drenaje sanitario y desechos sólidos no se permitirán en ríos, canales, barrancas o en cualquier tipo de cuerpo natural.	La descarga de aguas residuales generadas en la vivienda será conducida hacia biodigestores prefabricados que cumplen con los requisitos previstos en las disposiciones legales en la materia.
Hr35	Las poblaciones con menos de 2,500 habitantes establecerán sistemas para dirigir las descargas hacia letrinas o, dependiendo de las características del medio en que se asientan, establecerán sistemas alternativos (p.e. entramados de raíces) para el manejo de las aguas residuales.	La descarga de aguas residuales generadas en la vivienda será conducida hacia biodigestores prefabricados que cumplen con los requisitos previstos en las disposiciones legales en la materia.
Hr36	En las construcciones nuevas de zonas que no sean de alto desarrollo o crecimiento, debe de propiciarse la incorporación de los drenajes a las fosas sépticas particulares o comunitarias y la separación de los drenajes pluvial y sanitario.	El Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda, donde la descarga de aguas residuales generadas será conducida hacia un biodigestor prefabricado que cumplan con los requisitos previstos en las disposiciones legales en la materia.
Hr37	En las zonas carentes de infraestructura de drenaje o con déficit en el servicio, se deberán de implementar	

Clave	Criterio	Cumplimiento
	ecotecnias para el tratamiento de las aguas residuales como fosas sépticas comunitarias o humedales artificiales.	
Hr38	En la creación de nuevos asentamientos humanos se considerará la capacidad del área para proveer agua potable.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda; en caso de no poder contar con agua potable, se buscará el suministro del recurso a través del servicio de pipas.
Hr39	Todos los asentamientos humanos, viviendas, establecimientos comerciales, industriales y de servicios, en tanto no cuenten con sistema de drenaje sanitario conducirán sus aguas residuales hacia fosas sépticas que cumplan con los requisitos previstos en las disposiciones legales en la materia. Para asentamientos rurales dispersos, se usarán tecnologías alternativas que cumplan con la normatividad ambiental aplicable.	La descarga de aguas residuales generadas en la vivienda será conducida hacia biodigestores prefabricados que cumplen con los requisitos previstos en las disposiciones legales en la materia.
Hr40	En las zonas carentes de infraestructura eléctrica o con déficit en el servicio, se dé implementarán ecotecnias de generación de energía con fuentes renovables.	No aplica, ya que, por la ubicación del Proyecto, se cuenta con servicio de energía eléctrica.
Hr41	El manejo del alumbrado público incluirá medidas para el ahorro de energía y el uso de nuevas tecnologías y alternativas sustentables que mejoren su funcionamiento.	El Proyecto considera la construcción, operación y mantenimiento de una vivienda, en la que se tomarán medidas para el ahorro energético.
Hr42	Los proyectos de dotación de infraestructura habitacional que se promuevan en la UGA aplicarán diseños y técnicas de tipo ecológico.	El Proyecto ha considerado el empleo de materiales de la región, con fines estéticos y ecológicos.
Hr43	En las nuevas construcciones dentro del asentamiento humano, se llevará a cabo la instalación de fuentes alternativas de energía, sistemas de captación y conducción de agua de lluvia que se interconectarán con plantas de tratamiento y potabilización de agua.	La descarga de aguas residuales generadas en la vivienda será conducida hacia biodigestores prefabricados que cumplen con los requisitos previstos en las disposiciones legales en la materia. En caso de no poder contar con agua potable, se buscará el suministro del recurso a través del servicio de pipas.
Hr44	Los bosques urbanos, parques y áreas verdes naturales se conservan para mantener los servicios ambientales de regulación y de soporte, así como de provisión de servicios ambientales y culturales, incluyendo la regulación de la temperatura.	El Proyecto consiste en la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción, operación y mantenimiento de una vivienda, este ha considerado medidas de compensación para aquellos impactos ocasionados por su ejecución, entre ellas un Programa de reforestación y la instalación de retenedores de arena (dichas medidas se describen a mayor detalle en el Capítulo 9 del presente DTU-B).
Hr45	Los asentamientos humanos nuevos deben de emplazarse en zonas consideradas de bajo riesgo de acuerdo al Atlas de Riesgo municipal y/o lo establecido por las autoridades de Protección Civil. Aquellos ya establecidos en zonas de alto y muy alto riesgo deberán	No aplica, ya que el Proyecto se ubica sobre un riesgo de deslizamiento de laderas muy bajo.

Clave	Criterio	Cumplimiento
	acatar estrictamente la legislación vigente en materia de Protección civil.	
Hr46	En zonas de alto riesgo, principalmente donde exista la intersección de riesgos de deslizamientos e inundación no se recomienda la construcción o ampliación de los asentamientos humanos.	No aplica, ya que el Proyecto se ubica sobre un riesgo de deslizamiento de laderas muy bajo.
Hr47	Para disminuir el riesgo por derrumbes que puedan afectar la integridad física de la población y daños materiales a sus posesiones en particular a sus viviendas, las zonas con pendientes mayores al 30% en las inmediaciones de los asentamientos humanos deberán mantenerse forestadas con vegetación nativa.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr48	Los desechos orgánicos contaminados con sustancias tóxicas o contaminantes (metales pesados, aceites, sales, etc.) quedarán exceptuados de poder utilizarse como abonos orgánicos.	
Hr49	Los asentamientos humanos deberán contar con lineamientos para la construcción de obra e infraestructura relacionados con la prevención de desastres naturales, industriales y agropecuarios, y previo a la construcción se deberá elaborar un estudio de riesgo y prevención de desastres avalado por la autoridad competente en protección civil.	
Hr50	Se instrumentarán planes de emergencias para la evacuación de la población en caso de accidentes, planes de emergencias como respuesta a derrames y/o explosiones de combustibles y solventes, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas.	Se ha realizado la vinculación del Proyecto con las normas aplicables y se llevarán a cabo al pie de la letra.
Hr51	Las actividades consideradas riesgosas o altamente riesgosas, se mantendrán a una distancia mayor o igual a la distancia que contempla la zona de amortiguamiento, según los escenarios de riesgo, respecto del asentamiento humano.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr52	Mejorar la accesibilidad a las comunidades más aisladas, por medio del desarrollo de vialidades y transporte, acercando los servicios de salud, educación y telecomunicaciones a las localidades más pobladas de las distintas regiones.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr53	La construcción de nuevos caminos hacia asentamientos humanos rurales se realizará cubriendo los requisitos ambientales, de riesgo e ingenieriles correspondientes, en particular asegurando que no aceleren procesos de erosión, afecten cuerpos de agua, hábitat de especies en riesgo y/o protección y deberán	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda; en donde no será necesaria la apertura de caminos, ya que se cuenta con vialidades funcionales para el ingreso al Área del Proyecto.

Clave	Criterio	Cumplimiento
	realizarse con pertinencia cultural y con una amplia participación social en todas las fases de construcción y mantenimiento.	
Hr54	Establecer acciones para implementar la agricultura en el centro urbano, enfatizando los huertos y traspatios, así como una adecuada distribución, comercialización y abastecimiento de los productos de consumo básico en aquellos insumos que no se producen localmente, con el fin de garantizar la soberanía alimentaria.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr55	Asegurar la protección y puesta en valor sobre los recursos patrimoniales; naturales y urbano-arquitectónicos al interior del asentamiento humano.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr56	Promover, difundir y conservar las lenguas indígenas, las manifestaciones culturales, las creaciones en lenguas indígenas, así como los derechos culturales y de propiedad que de forma comunitaria detentan sobre sus creaciones artísticas los pueblos indígenas, en particular salvaguardando su derecho al Consentimiento Previo, Libre e Informado por obras que puedan afectar su territorio y forma de vida.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr57	Las autoridades en materia de medio ambiente y ecología tanto estatales como municipales deberán desarrollar instrumentos legales y educativos que se orienten a desterrar la práctica de la quema doméstica y en depósitos de residuos sólidos.	El Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda, para esto último, se hará de conocimiento a los residentes que queda estrictamente prohibida la quema de residuos sólidos.
Hr58	Para atender los efectos más probables del cambio climático, la CONAFOR debe establecer junto con la población, plantaciones dendroenergéticas para sustituir el uso de la leña proveniente de zonas forestales, así mismo se instalarán sistemas de mejora para el uso de energía para la preparación de alimentos con estufas ahorradoras con pertinencia cultural y que considere la perspectiva de género.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr59	El observatorio ciudadano deberá incorporar al comité de ordenamiento ecológico para el monitoreo del cumplimiento del programa de ordenamiento ecológico y del programa municipal de desarrollo urbano.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr60	Durante la implementación de programas de conservación, restauración de áreas verdes se deberá contar con la participación activa de la comunidad, con la finalidad de empoderar a los habitantes.	El Proyecto consiste en la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda; como medida compensatoria se plantea la ejecución de un Programa de Reforestación y la colocación de retenedores de arena, para dichas actividades se puede considerarse la participación activa de los habitantes locales, o al menos, la difusión de la actividad hacia ellos.

Clave	Criterio	Cumplimiento
Hr61	Durante las campañas de uso adecuado de los recursos naturales se deberán tomar en cuenta los temas de prevención de desastres, uso de tecnologías alternativas en materia de energía y construcción sostenible.	No aplica, ya el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr62	Durante la implementación de los programas de educación ambiental por parte del sector público y privado, se deberán realizar talleres participativos donde se aborden temas de rescate de áreas verdes, zonas de relevancia ambiental del municipio, elaboración de prácticas agroecológicas como compostas y huertos familiares e instalación de paneles y calentadores solares entre otros.	No aplica, ya el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr63	Se llevarán a cabo programas de educación ambiental en los asentamientos humanos rurales.	No aplica, sin embrago, se consideran pláticas de concientización y educación ambiental para el personal inmerso y residentes del proyecto.
Hr64	Se identifican e implementan medidas de eficiencia energética, como el uso de electrodomésticos e iluminación eficientes para reducir el consumo y los costos de energía.	La vivienda pretendida a desarrollar, ha considerado el establecimiento de luminarias tipo LED, aplicación de pinturas en colores claros, entre otras medidas para eficiencia energética.
Hr65	Se establece la colaboración y la asociación entre comunidades, organizaciones locales y agencias gubernamentales para compartir conocimientos, recursos y mejores prácticas en el desarrollo de fuentes de energía renovable y la promoción de la soberanía energética.	No aplica, ya el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.
Hr66	Los residuos vegetales generados por las actividades de desmonte serán triturados o picados, mezclados y esparcidos en la superficie del terreno que se destine para áreas verdes o ser enviados para un fin similar fuera de la instalación. En caso de ser desechados, se considerarán como residuos y se sujetarán a lo que defina la autoridad competente o en su caso el plan de manejo correspondiente.	Se buscará utilizar el material vegetal resultante del desmonte como materia fértil de las áreas verdes.
Hr67	Los residuos sólidos y líquidos que se generen durante las etapas de preparación del sitio y construcción de la instalación se separarán para mitigar la mezcla de residuos peligrosos con residuos de manejo especial o con residuos sólidos urbanos. Los residuos separados se almacenarán temporalmente en áreas específicas que cumplan con la normatividad vigente en materia de residuos.	Se ha establecido la vinculación con las NOM correspondientes para dichos residuos, cuyas indicaciones serán acatadas en caso de ser necesario.
Hr68	El manejo y la descarga de aguas residuales en el área del proyecto, zonas aledañas y cuerpos de agua, se	El Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento

Clave	Criterio	Cumplimiento
	realizará de acuerdo a la normatividad vigente en la materia.	de una vivienda; la descarga de aguas residuales generadas en la vivienda será hacia un biodigestor prefabricado que cumpla con los requisitos previstos en las disposiciones legales en la materia.
Hr69	Para restaurar o restablecer la vegetación se utilizarán las especies vegetales propias del lugar susceptibles de desarrollarse en el sitio, conforme a la descripción del ambiente elaborada y aprobada.	Como medida compensatoria, se pretende la ejecución de un Programa de Reforestación utilizando especies nativas de la región.
Hr70	En el caso de existir algún derrame de aceites, grasas y combustibles, se procederá a restaurar o restablecer las condiciones físico químicas del suelo, conforme a las Normas Oficiales Mexicanas, lo cual aplicará también en las etapas de construcción, operación y abandono del sitio.	El proyecto contempla medidas de prevención destinadas a detectar posibles actos o condiciones inseguras, así como incumplimientos que pudieran derivar en impactos negativos; considerando el caso excepcional de tener que realizar actividades de reparación extraordinarias en el área del proyecto o zonas aledañas, se adoptaran medidas necesarias para evitar la contaminación del suelo por el derrame de sustancias, las cuales se basaran en la contención del derrame usando material absorbente (kits antiderrames), el aviso oportuno a las autoridades competente, en caso de considerarse necesario, la ejecución de medidas de seguridad para evitar explosiones en el equipo.
Hr71	Se difundirán el uso y la aplicación de tecnologías limpias en todas las actividades productivas y en el uso doméstico.	En la etapa de Operación y Mantenimiento de la vivienda se han considerado medidas para el ahorro energético y de agua.
Hr72	Se coadyuvará al cumplimiento de los compromisos internacionales en materia de generación y Aprovechamiento de Energías Limpias y el Aprovechamiento sustentable de la energía.	No aplica, ya que el Proyecto se trata únicamente de la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de una vivienda.

Tabla 4. Vinculación con los Criterios Ecológicos compatibles del POETPSSMCCH.

3.1.2. Planes de Desarrollo Urbano

3.1.2.1. Plan Nacional de Desarrollo (2025-2030)

El **Plan Nacional de Desarrollo (PND)** es la guía de los objetivos y acciones del Gobierno de México en los próximos años. Estos objetivos consisten en consolidar la transformación del país bajo un modelo de desarrollo con bienestar, justicia social y sustentabilidad. A través de este documento, enriquecido con el diálogo y la consulta ciudadana, se reafirma el compromiso del Gobierno con el pueblo de México de gobernar con honestidad, democracia, eficiencia y con una visión humanista.

El PND se articula sobre cuatro ejes generales y tres ejes transversales que estructuran la política pública en su conjunto.

Ejes Generales	Ejes Transversales
1. Gobernanza con justicia y participación ciudadana	**1.** Igualdad sustantiva y derechos de las mujeres.
2. Desarrollo con bienestar y humanismo	**2.** Innovación pública para el desarrollo tecnológico nacional
3. Economía moral y trabajo	**3.** Derechos de las comunidades indígenas y afromexicanas.
4. Desarrollo sustentable	

Tabla 5. Ejes Generales y Transversales del PND (2025-2030).

De acuerdo a lo anterior, el Proyecto se relaciona con los siguientes ejes: *"Desarrollo con bienestar y humanismo"*, *"Economía moral y trabajo"* y *"Desarrollo sustentable"*; los objetivos específicos y las estrategias con las que el Proyecto puede vincularse son las que se muestran en la Tabla 5.

Eje General	Objetivo	Estrategias
2. Desarrollo con bienestar y humanismo	2.1: Fortalecer la red de protección social para garantizar la inclusión social y económica de toda la población, con especial atención a los grupos en situación de vulnerabilidad.	2.1.7. Asegurar la protección y el bienestar animal como parte del compromiso por una sociedad más justa y ética.
	2.9: Garantizar el derecho a una vivienda adecuada y sustentable que mejore la calidad de vida de la población mexicana, contribuyendo a cerrar las brechas de desigualdad social y territorial.	2.9.5 Mejorar el acceso, la calidad y la cobertura de las necesidades de vivienda adecuada, garantizando la diversidad de opciones para toda la población.
	Objetivo 2.10: Promover entornos públicos justos y adaptativos mediante la planificación de espacios rurales y urbanos, con el objetivo de reducir las disparidades en el acceso a oportunidades y servicios entre diferentes regiones y comunidades del país.	2.10.3 Promover un ordenamiento territorial integral y sustentable que articule la gestión de riesgos de desastres, la integración armónica de los ámbitos rural y urbano, mediante procesos de planeación participativos para reducir las desigualdades socio territoriales.
3. Economía moral y trabajo	3.2: Promover el trabajo digno para todas las personas en edad laboral, especialmente para los grupos históricamente vulnerados, facilitando su inserción en empleos alineados con las vocaciones económicas de los mercados laborales regionales y locales.	3.2.7. Promover, apoyar y garantizar el cumplimiento de condiciones laborales centradas en la seguridad, salud y capacitación en los centros de trabajo, fomentando el desarrollo de competencias y habilidades, el conocimiento de los derechos laborales colectivos y el acceso a formación continua en el lugar de trabajo.
	3.5: Contribuir al bienestar y la inclusión social de la población rural, enfocándose en micro, pequeños y medianos productores agropecuarios, acuícolas y pesqueros, así como en las personas jornaleras, mediante acciones que mejoren sus ingresos.	3.5.1. Mejorar el ingreso y promover la inclusión social de la población rural y las personas jornaleras, a través de la formalización del empleo y la dignificación del trabajo, garantizando el reconocimiento de sus derechos y la mejora de sus condiciones laborales.

Eje General	Objetivo	Estrategias
4. Desarrollo sustentable	4.3: Reducir las emisiones contaminantes y fortalecer la resiliencia climática mediante la prevención, control y mitigación de los impactos ambientales en la salud y los ecosistemas.	4.3.4 Fortalecer las medidas de prevención y control de la contaminación para proteger la salud de la población y preservar un medio ambiente sano.

Tabla 6. Ejes del Plan Nacional de Desarrollo relacionados con el Proyecto.

El Proyecto se vincula con el Eje 2 (Estrategia 2.1.7), ya que el Proyecto se encuentra ubicado próximo al **Santuario "Playa de Puerto Arista"**, cuya área se considera como una zona de reserva y de sitios de refugio para la protección y conservación de las especies de tortuga marina, se tomaran medidas para asegurar su protección y bienestar, como, por ejemplo, la vigilancia en playas de anidación, la capacitación y educación ambiental para el Promovente, residentes y personal de limpieza y mantenimiento, con el objetivo de concientizar sobre la importancia de su conservación.

Además, con el hecho de mejorar la cobertura de las necesidades de vivienda adecuada, garantizando la diversidad de opciones para toda la población, de tal manera que se promueva un ordenamiento territorial integral y sustentable, que como se ha mencionado anteriormente, el Proyecto se encuentra compatible con los ordenamientos descritos.

Con el Eje 3, la vinculación se deslinda al ser el proyecto una vivienda, por lo que podrán generarse empleos temporales, lo que permite la inserción de las personas en edad laboral, fomentando el desarrollo de sus competencias y habilidades. Dichos empleos también generarán beneficios económicos para las personas o familias que los contraigan, que, a su vez, permitirá ingresos a la economía local.

Por último, el Proyecto está asociado con el Eje 4, debido a que durante su ejecución se aplicarán medidas de prevención, mitigación y conservación de los componentes del sitio, con la finalidad de preservar el medio ambiente.

3.1.2.2. Plan Estatal de Desarrollo de Chiapas (2025-2030)

El **Plan Estatal de Desarrollo Chiapas (2025-2030)**, aprobado por el Congreso del Estado de Chiapas el día 07 de mayo del 2025, es el instrumento rector de políticas públicas que integran objetivos, estrategias y líneas de acción para encaminar y unir esfuerzos en todos los niveles gubernamentales para la atención de las prioridades de desarrollo estatal.

Las políticas públicas del PED se alinean al PND y a los objetivos contenidos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

El PED está integrado por los siguientes ejes:

- Eje 1. Chiapas en paz, con mediación y cero corrupción.

- Eje 2. Chiapas sin analfabetismo, con educación intercultural y humanista.
- Eje 3. Chiapas con humanismo.
- Eje 4. Chiapas con prosperidad compartida.
- Eje 5. Chiapas con conciencia ambiental.

Se considera que los objetivos del Proyecto se ajustan a lo establecido en las políticas establecidas en el Eje. 4 y el Eje 5.

Eje	Política publica		Estrategia
Eje 4.	4.1. Desarrollo compartido para la transformación	4.1.4. Mejores condiciones laborales en Chiapas para una prosperidad compartida	4.1.4.1. Vincular a los buscadores de empleo tanto locales como aquellos en situación de movilidad humana con el sector empresarial, mediante la intermediación laboral y promoción del empleo para reducir la desocupación laboral
	4.2. Infraestructura para el desarrollo	4.2.1. Planeación urbana y movilidad	4.2.1.1. Fomentar la planificación urbana, mediante instrumentos que impulsen el crecimiento ordenado de las ciudades y sus municipios, para reducir sus costos económicos, humanos y ambientales
Eje 5.	5.1. Desarrollo sustentable y sostenible	5.1.2. Conciencia ambiental para restaurar y conservar los ecosistemas naturales, especies y su hábitat	---

Tabla 7. Ejes del Plan de Desarrollo de Chiapas relacionados con el Proyecto.

El Proyecto se relaciona con el Eje 4, ya que, tanto para la etapa de preparación del sitio, que comprende las actividades del CUSTF, como para la construcción, operación y mantenimiento de vivienda, se considerarán a los buscadores de empleo locales como los principales para las vacantes ofertadas.

También, atiende a los objetivos del Eje 5, puesto que la implementación del Proyecto considera la protección de los componentes naturales del medio ambiente en el que está inmerso, evitando dañar la integridad de las especies propias de la zona, esto con la ejecución de un Programa de Rescate de Flora y Fauna, además de medidas para asegurar la protección y bienestar de la Tortuga Marina, por la cercanía al Santuario "Playa Puerto Arista", Así como medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales que se llevarán a cabo para proteger el ecosistema en el que estará inmerso.

3.1.3. Normas Oficiales Mexicanas

Se vincula al Proyecto con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas (NOM):

Elemento	Norma	Vinculación con el proyecto
Residuos	NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Debido a que se generarán residuos durante la construcción de la obra nueva, así como en la operación y mantenimiento de las obras en general del Proyecto, se deberá ajustar a lo establecido en esta norma, en la que se señala el procedimiento para identificar si un residuo es peligroso y dar la gestión integral conforme a la legislación vigente, en caso de que esto sea necesario.
	NOM-054-SEMARNAT-1993. Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.	A lo largo del Proyecto, en especial en la construcción de la obra y en la etapa de Operación y Mantenimiento, se debe determinar la incompatibilidad de residuos, por lo que se debe aplicar el procedimiento de acuerdo con la norma. Aunado a ello, se dará cumplimiento a lo establecido en el manejo de residuos peligroso en el envase, almacenamiento, tratamiento y disposición final de los mismos.
	NOM-138-SEMARNAT/SS-2003. Que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.	Durante las actividades, existe la posibilidad de fallas mecánicas en la maquinaria que puedan resultar en el derrame de combustibles al suelo, por lo que se deben seguir las especificaciones estipuladas en la Norma para la caracterización de las sustancias y la remediación de sitio.
	NOM-005-STPS-1998. Que establece las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.	Se ocuparán combustibles para el funcionamiento de la maquinaria que será empleada, por lo que el abastecimiento de este deberá ser realizado por la Promovente o el contratista, siguiendo los lineamientos de seguridad y almacenamiento temporal de estas sustancias si llega a ocurrir la necesidad de tener estas sustancias en el sitio.
Recursos Naturales	NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental de 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.	La aplicación de la norma se realizó cuando se efectuaron los trabajos de visitas de campo al área del Proyecto, ya que fue necesario realizar una identificación de las especies vegetales presentes, y una vez identificadas, se prosiguió a realizar el cotejo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Asimismo, se seguirá aplicando si se encontrará alguna especie en algún estatus de la NOM, a fin de proteger a las especies.
Ruido	NOM-017-STPS-2024. Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.	El uso de equipos o herramientas durante la construcción es indispensable, por lo que la generación de ruido será continua durante las actividades, ante ello el uso de equipo de protección personal será obligatorio para los trabajadores, con el objeto de garantizar la salud de los empleados.
	NOM-080-SEMARNAT-1994. Que establece los 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.	Durante la ejecución del Proyecto se utilizarán vehículos y maquinaria pesada, los cuales generan ruido proveniente de los escapes, mismos que deben cumplir con las especificaciones de la presente Norma y los límites que se estipula en la Tabla 1 de la misma.
	NOM-011-STPS-2001. Que establece las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.	Se deberán identificar las zonas del Proyecto que tengan la mayor emisión de ruido, para conocer si estos se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de exposición de acuerdo con la norma en cuestión, y así establecer las medidas necesarias para su mitigación.

Elemento	Norma	Vinculación con el proyecto
Emisiones	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.	La Norma se vincula con el Proyecto por la utilización de la maquinaria y equipo que ejecutarán el CUSTF y la etapa constructiva de la vivienda, los cuales deberán operar de manera óptima y en caso contrario serán reemplazados por otros que si cumplan con las condiciones adecuadas para sus funciones. Se tiene contemplado el transporte de combustible al área de trabajo, mediante vehículos automotores que usan gasolina como combustible, por lo que se debe cumplir con las especificaciones de la presente Norma.
	NOM-045-SEMARNAT-2017. Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.	

Tabla 8. Normas Oficiales Mexicanas relacionadas al Proyecto.

3.1.4. Áreas naturales protegidas y regiones prioritarias para la conservación

3.1.4.1. Área Naturales Protegidas Federales

El Proyecto no incide en ninguna ANP de competencia Federal, siendo la más próxima el **Santuario "Playa de Puerto Arista"** a 16 m, aproximadamente en su punto más cercano, al Sur del Proyecto, como se observa en la Figura siguiente.

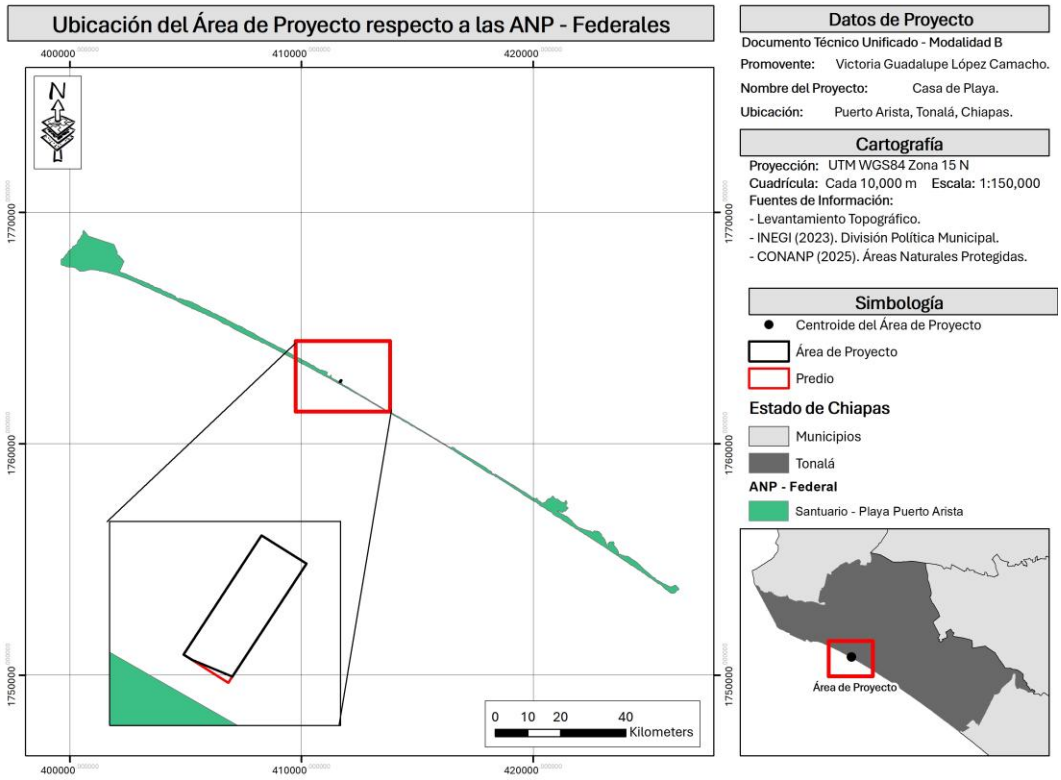


Figura 5. Ubicación del Proyecto respecto al ANP Santuario "Playa de Puerto Arista".

Tomando en consideración que el Proyecto, si bien **no** se encuentra dentro del ***Santuario "Playa de Puerto Arista",*** por su cercanía se han establecido medidas de prevención,

mitigación y/o compensación para que ninguna de las actividades del Proyecto represente un impacto potencial hacia el área. Dichas medidas se presentan en el **Capítulo 9** del presente DTU-B.

3.1.4.2. Áreas Naturales Protegidas Estatales

Asimismo, el Proyecto no se encuentra dentro de ninguna ANP Estatal, siendo la más próxima el "La Lluvia" a 59.10 km aproximadamente hacia el Noreste del Proyecto, como se muestra en la siguiente figura.

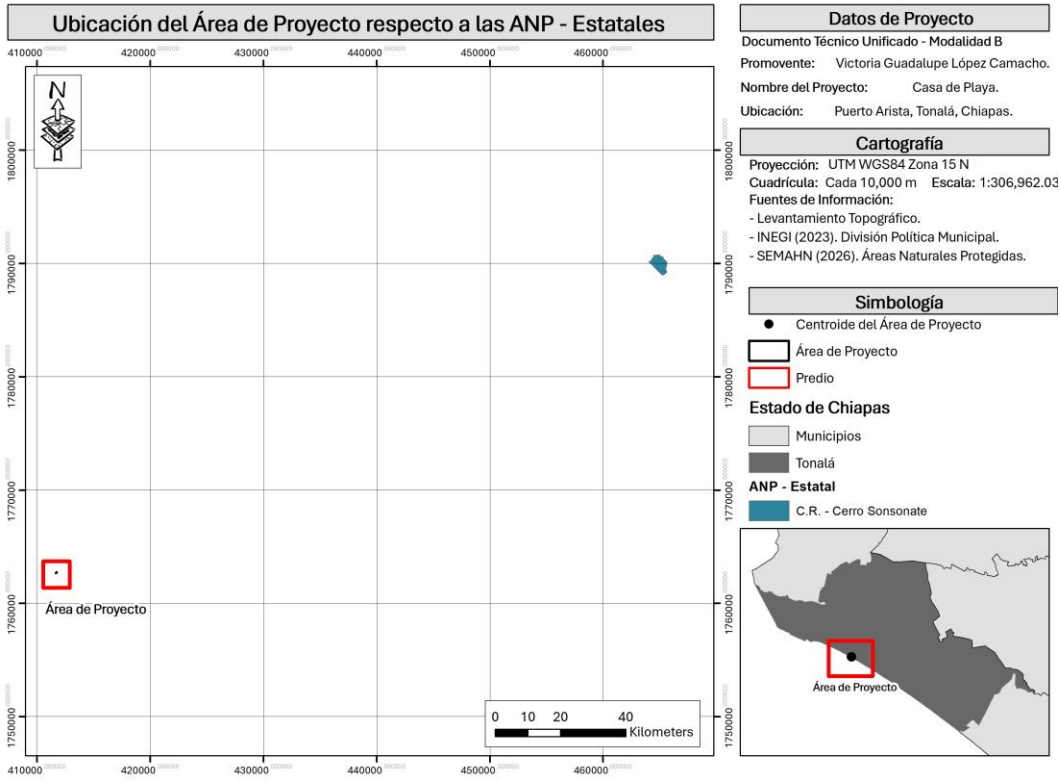


Figura 6. Ubicación del Proyecto respecto a la ANP' Estatal.

3.1.4.3. Regiones Prioritarias de Conservación.

Con el fin de optimar los recursos financieros, institucionales y humanos en materia de conocimiento de la biodiversidad en México, la CONABIO desarrolló el **Programa de Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad**, el cual está orientado a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad. Las áreas prioritarias están conformadas de la siguiente manera:

- **Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICA)**

El programa de las AICAS nace de la necesidad de preservar a las diversas especies de aves de México, creando una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves.

- **Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)**

Unidades físico-temporales estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destacan por su riqueza ecosistémica y de especies endémicas comparativamente mayor que en el resto del país, así como por una integridad biológica significativa y una oportunidad real de conservación.

- **Regiones Marinas Prioritarias (RMP)**

Creadas por la necesidad de incrementar el conocimiento sobre la vastedad de los ecosistemas marinos a todos los niveles, para emprender acciones que conlleven a su mantenimiento, conservación, recuperación o restauración.

- **Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)**

Definidas para el diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para establecer un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación uso y manejo sostenido.

En seguida, se presenta el análisis de la ubicación del Proyecto respecto a las Regiones:

- **Regiones Terrestres Prioritarias (RTP):** El Área del Proyecto no se encuentra dentro de ninguna RTP, siendo la más cercana la No. 133 denominada "El Triunfo – La Encrucijada – Palo Blanco" a una distancia aproximada de 28.8 Km al Este.
- **Regiones Marinas Prioritarias (RMP):** El Área del Proyecto no se encuentra dentro de ninguna RMP, siendo la más cercana la No. 39, denominada "Punta Arista" a, aproximadamente, 276.21 m al sureste.
- **Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP):** El Área del Proyecto no se encuentra dentro de ninguna RHP, siendo la más cercana la No. 32, denominada "Soconusco" a, aproximadamente 60.55 m al norte.
- **Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICAS):** El Área del Proyecto se encuentra dentro de la AICA No. 246 "Istmo de Tehuantepec – Mar Muerto".

De acuerdo a lo anterior, el Proyecto incursiona dentro de la AICA No. 246 "Istmo de Tehuantepec – Mar Muerto" (Figura 7):

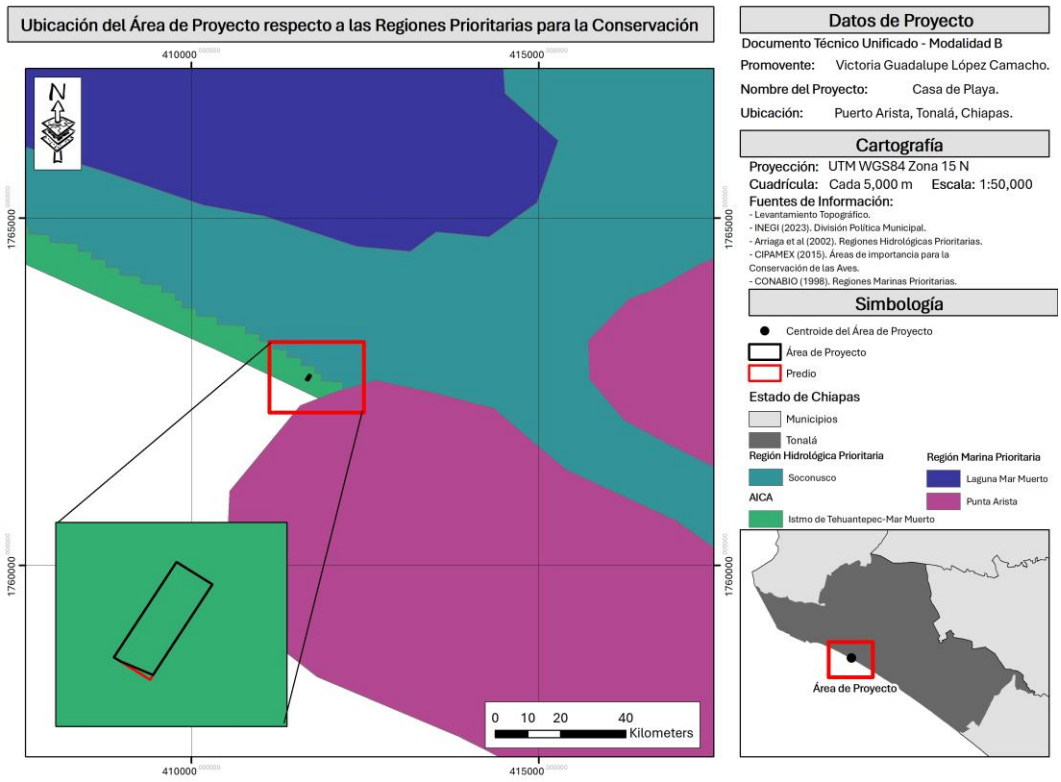


Figura 7. Ubicación del Proyecto respecto a las Regiones Prioritarias.

Las características del AICA 246 se presentan en la Tabla siguiente:

AICA No. 246 "Istmo de Tehuantepec-Mar Muerto"	
Superficie	870,212 Ha
Especies registradas	176
Categoría Birdlife 2007	A1, A2, A3, A4i, A4ii, A4iv
Descripción	Los límites del área cubierta van desde la laguna "La Ventosa" en la esquina suroeste del polígono, al norte hasta la parte norte de la Sierra Atravesada dentro del Estado de Oaxaca (la cual en diferentes partes de su recorrido recibe nombres locales), recorriendo esta sierra hacia el este hasta llegar entre las ciudades de Santo Domingo Ingenio-Niltepec. Ya en el Estado de Chiapas llega a las estribaciones de la Sierra Madre de Chiapas en el Municipio de Arriaga y Tonalá para de ahí bajar a la costa a la altura de la cabecera municipal de Tonalá y posteriormente prolongarse sobre la planicie costera de Chiapas antes de la Laguna La Joya y rebordearla en su extremo Occidental para tener el área su límite sudoriental en al Este de Puerto Arista. En área que cubre este polígono incluye a 33 municipios o parte de ellos.
Vegetación	La Flora está representada principalmente por la comunidad de mangle negro o madresal (*Avicennia germinans*) y mangle rojo (*Rhizophora mangle*), con árboles con alturas variables de 4 a 30 metros, hay un estrato herbáceo dominado por *Batis marítima* y *Sporolobus sp*. En algunos lugares forma una franja angosta de 5 a 20 metros de ancho con raíces y zancos de 1 a 3 metros como en los sitios cercanos a Paredón. La segunda comunidad está formada por *Avicennia germinans* y otras especies asociadas. También se encuentran otros tipos de asociaciones vegetales como Manglar, Pastizal halófilo, Pastizal inducido, Selva baja caducifolia, Laguna Costera y Esteros.

AICA No. 246 "Istmo de Tehuantepec-Mar Muerto"	
Categorías	• *México 1999* Sin categoría. • *Birdlife* A1: Amenazadas a nivel mundial. Se basa en las categorías de amenaza IUCN-Birdlife. A2: Distribución restringida. Se conoce o considera que el sitio mantiene un componente significativo de un grupo de especies cuyas distribuciones reproductivas lo definen como un Área de Endemismo de Aves (EBA). A3: Especies restringidas a un Bioma. Se conoce o se considera que el sitio mantiene un componente significativo de un grupo de especies cuyas distribuciones están muy o totalmente confinadas a un bioma. A4i: El 1% de una población biogeográfica de una especie acuática congregatoria. A4ii: El 1% de la población global de una especie marina o terrestre. A4iv: Se conoce o sospecha que el sitio excede los niveles críticos establecidos para especies migratorias en sitios "cuellos de botella"

Tabla 9. Descripción del AICA No. 246 "Istmo de Tehuantepec-Mar Muerto".

El Proyecto contará con medidas de prevención para evitar afectaciones a la Fauna, como es el caso del ahuyentamiento de especies silvestres previo al inicio de actividades y el Programa de Rescate y Reubicación de Fauna, cuya actividad representa acciones para la protección de aves que se encuentren amenazadas, endémicas o en algún estatus de protección.

Además, también se considera la realización de pláticas de concientización ambiental, resaltando las recomendaciones y restricciones para dicho sector, tal es el caso de las prohibiciones de cazar, extraer y/o comercializar cualquier ejemplar de fauna silvestre, con lo que fomenta la cultura ecológica y la conservación de ella.

3.2. Otras leyes como: Ley de Aguas Nacionales, LGEEPA, LGVS, etc.

3.2.1. Leyes Federales

3.2.1.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución es la ley fundamental de México. En ella se definen los límites y relaciones entre los poderes de la federación, así como los derechos y obligaciones de la ciudadanía mexicana, las bases para el gobierno y la organización de las instituciones.

En el Titulo Primero, Capítulo I, Artículo 4°, párrafo 5° de la Constitución se establece que:

> *"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"*

El objetivo de este Proyecto es la ejecución de un CUSTF y, posteriormente, la construcción y operación y mantenimiento de un centro de convenciones y eventos. Debido a que el Proyecto tiene el potencial de causar impactos al medio ambiente, este estudio busca

proporcionar a esta OR de SEMARNAT la información necesaria para evaluar el Proyecto y dictaminar si su ejecución es viable. Lo anterior, en conjunto con las medidas de prevención, mitigación y compensación que se especifican en el Capítulo 10, busca minimizar dichos impactos hacia el entorno a fin de preservar y cuidar el medio ambiente.

3.2.1.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Se presentan los artículos de la LGEEPA que se vinculan al Proyecto (Tabla 8):

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	
Art. 5	Son facultades de la federación: X. La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes;
Cap. IV Sección V Art. 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 las obras y actividades que puedan causar el 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 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;*
Art. 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.

Tabla 10. Artículos de la LGEEPA vinculados al Proyecto.

De acuerdo con lo explicado, el presente estudio constituye un Documento Técnico Unificado Modalidad B (DTU - B) que debe ser presentado ante esta OR de la SEMARNAT del Estado de Chiapas, por las actividades de CUSTF y la construcción, operación y mantenimiento de una vivienda que se ubica en un ecosistema costero, toda vez que son de su competencia.

3.2.1.3. Ley General de Vida Silvestre

Se presentan los artículos que se vinculan con el proyecto:

Ley General de Vida Silvestre	
Título V, Cap. VI, Art. 29	Las entidades federativas, los Municipios, las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México y la Federación, adoptarán las medidas de trato digno y respetuoso para evitar o disminuir la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor que se pudiera ocasionar a los ejemplares de fauna silvestre durante su aprovechamiento, traslado, exhibición, cuarentena, entrenamiento, comercialización y sacrificio.

Ley General de Vida Silvestre	
Título V, Cap. VI, Art. 31	Cuando se realice traslado de ejemplares vivos de fauna silvestre, éste se deberá efectuar bajo condiciones que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características.
Título VI, Cap. I, Art. 58	Entre las especies y poblaciones en riesgo estarán comprendidas las que se identifiquen Como: a) En peligro de extinción… b) Amenazadas… c) Sujetas a protección especial…
Título VIII, Cap. II, Art. 106	Sin perjuicio de las demás disposiciones aplicables, toda persona física o moral que ocasione directa o indirectamente un daño a la vida silvestre o a su hábitat, está obligada a repararlo o compensarlo de conformidad a lo dispuesto por la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental. Los propietarios y legítimos poseedores de los predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que este pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.

Tabla 11. Artículos de la LGVS vinculados al Proyecto.

Se vincula al Proyecto con esta Ley ya que el cuidado de la biodiversidad será prioridad en la ejecución del proyecto; y se debe cumplir con la normativa en caso de que el avistamiento de especies consideradas en riesgo.

3.2.1.4. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos

Considerando que el Proyecto generará diversos tipos de residuos, entre ellos, residuos de tipo doméstico, se encuentra que esta ley es aplicable. En la siguiente Tabla, se presentan los artículos de la LGPGIR que se vinculan al Proyecto.

Ordenamiento Jurídico	Aplicación	Cumplimiento
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.	En caso de que se generen residuos peligrosos a lo largo de la vida útil del Proyecto, estos serán manejados conforme a la normatividad.	Serán dispuestos a través de prestadores de servicio que cuenten con las autorizaciones locales.
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.	En las etapas del Proyecto se generarán residuos como son papel cartón, plástico, generada por los empleados del Proyecto, en sus diferentes etapas.	Serán llevados al sitio de recolección para su posterior transporte y disposición final por parte del Ayuntamiento Municipal.

Tabla 12. Vinculación del Proyecto con la LGPGIR.

3.2.1.5. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA) como menciona en su Artículo 1° "*…regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible…*".

Con la autorización y ejecución del Proyecto, el Promovente se compromete a realizar las actividades propias del mismo bajo los criterios dictados por la Secretaría en busca del cuidado del medio ambiente. De no hacerlo, el Promovente atenderá a lo establecido en la Ley citada:

Artículo	Ordenamiento Jurídico
Artículo 6°	No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de: I. 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, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría; o de que, II. No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas. La excepción prevista por la fracción I del presente artículo no operará, cuando se incumplan los términos o condiciones de la autorización expedida por la autoridad.
	Cumplimiento: El Promovente elabora el presente DTU-B para su evaluación y debida resolución por parte de la OR de la SEMARNAT en el Estado de Chiapas.
Artículo 7°	A efecto de otorgar certidumbre e inducir a los agentes económicos a asumir los costos de los daños ocasionados al ambiente, la Secretaría deberá emitir paulatinamente normas oficiales mexicanas, que tengan por objeto establecer caso por caso y atendiendo la Ley de la materia, las cantidades mínimas de deterioro, pérdida, cambio, menoscabo, afectación, modificación y contaminación, necesarias para considerarlos como adversos y dañosos. Para ello, se garantizará que dichas cantidades sean significativas y se consideren, entre otros criterios, el de la capacidad de regeneración de los elementos naturales.
	Cumplimiento: Este Proyecto ha sido vinculado a todos los instrumentos jurídicos aplicables que eviten el daño al ambiente y promuevan su preservación.
Artículo 10°	Toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la presente Ley. De la misma forma estará obligada a realizar las acciones necesarias para evitar que se incremente el daño ocasionado al ambiente.
	Cumplimiento: El Proyecto ha sido diseñado con el fin de que su ejecución no cause daños irreparables al medio ambiente. En caso de que no se cumpla con lo establecido tanto en el presente DTU-B como lo que en su momento estipule la OR de la SEMARNAT, el Promovente deberá hacerse responsable de los daños que pueda ocasionar y de la compensación de estos.

Tabla 13. Vinculación del Proyecto con la LFRA.

3.2.1.6. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Los artículos de la **Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)** que se vinculan al Proyecto son:

Artículo	Ordenamiento Jurídico
Artículo 10.	Son atribuciones de la federación: ***Fracción XXX.*** *Expedir, por excepción, las autorizaciones de cambio de uso del suelo de los terrenos forestales, así como controlar y vigilar el uso del suelo forestal.*
Artículo 68.	Corresponderá a la Secretaría emitir los siguientes actos y autorizaciones: ***Fracción I.*** *Autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por* ***excepción****;*
Artículo 93.	*La Secretaría autorizará el cambio de uso de 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, la capacidad de almacenamiento de carbono, 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****.*

Tabla 14. Vinculación del Proyecto con los artículos de LGDFS.

Como lo mencionan los Artículos 68 y 93 de la presente Ley Federal, la autorización del CUSTF se realizará por **excepción** previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal y con base en los estudios técnicos justificativos; que se ha demuestra a lo largo del presente documento técnico unificado.

3.2.2. Reglamentos Federales

3.2.2.1. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA)

En cuanto al REIA, los artículos que le confieren al Proyecto son los siguientes:

Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental	
Artículo 4º	"Compete a la Secretaría": Evaluar el impacto ambiental y emitir las resoluciones correspondientes para la realización de proyectos de obras o actividades a que se refiere el presente reglamento.
Artículo 5º	Quienes pretendan llevar a cabo algunas 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*
Artículo 36º	*Quienes elaboren los estudios deberán observar lo establecido en la Ley, este reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas... (...).*

Tabla 15. Artículos del REIA vinculados al Proyecto.

Debido a la naturaleza del Proyecto, este se clasifica en las actividades que requieren ingresar al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental***, siendo la*** SEMARNAT la dependencia

que está a cargo de emitir la Autorización en Materia de Impacto Ambiental que se pretende obtener para realizar las actividades del presente Proyecto.

Asimismo, se anexa al presente DTU-B, la Carta bajo protesta de decir la verdad de acuerdo con lo establecido en el Artículo 36.

3.2.2.2. Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre

De las disposiciones comunes para la Conservación y el Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre, en la Liberación de Ejemplares al Hábitat Natural, se establece lo siguiente:

*"**Artículo 89**. En caso de colecta o captura ilícita flagrante, la Secretaría podrá liberar inmediatamente a los ejemplares de que se trate, previa evaluación positiva de la viabilidad de la liberación, mediante el levantamiento del acta respectiva en la que se deberán asentar explícitamente los elementos valorados".*

Para el caso del presente Proyecto, no se trata de realizar una colecta de especies de Fauna, más bien, en caso de ser necesario, el rescate de ellas para ser reubicadas y/o liberadas en hábitats con características similares.

3.2.2.3. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos

Este reglamento se vincula con el proyecto en relación con la identificación y manejo integral de los residuos peligrosos en algunas etapas de su desarrollo. De la identificación de residuos peligrosos, en la siguiente Tabla se establece la vinculación del Reglamento de la LGPGIR con el Proyecto:

Ordenamiento jurídico	Aplicación	Cumplimiento
Artículo 39.- Cuando exista una mezcla de residuos listados como peligrosos o caracterizados como tales por su toxicidad, con otros residuos, aquélla será peligrosa. Cuando dentro de un proceso se lleve a cabo una mezcla de residuos con otros caracterizados como peligrosos, por su corrosividad, reactividad, explosividad o inflamabilidad, y ésta conserve dichas características, será considerada residuo peligroso sujeto a condiciones particulares de manejo.	Los residuos peligrosos que se generen recibirán el tratamiento que refiere la LGPGIR y su Reglamento.	Se instalarán contenedores para la adecuada clasificación de cada tipo de residuo y posteriormente serán colocados en el sitio de recolección, para su posterior transporte y disposición final por parte del Ayuntamiento Municipal.

Tabla 16. Vinculación del Proyecto con el RLGPGIR.

3.2.3 Leyes Estatales

3.2.3.1. Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Chiapas

Se presenta un listado de los artículos de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Chiapas que se encuentran vinculados al Proyecto.

Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Chiapas		
Fundamento Legal	Extracto	Vinculación

Artículo 9° Fracciones I	El Estado de Chiapas impulsará políticas dirigidas a garantizar el derecho de toda persona a: I. Un medio ambiente adecuado que garantice su bienestar en un entorno de desarrollo sustentable.	En todas las etapas del Proyecto, se buscará garantizar el bienestar del medio ambiente donde se desarrolle.
Artículo 18 Fracción V	Son habitantes del Estado quienes residan de manera permanente o temporal dentro de su territorio, sea cual sea su nacionalidad o estado migratorio; sus obligaciones son: V. No cometer actos que atenten contra el medio ambiente y participar en las actividades para su preservación y manejo responsable. La ley establecerá la responsabilidad por daño al medio ambiente.	Las medidas de prevención, mitigación y protección que se incluyen en este Proyecto, serán las acciones por seguir para garantizar que no se cometan actos que atenten contra el medio ambiente.

Tabla 17. Vinculación del Proyecto con la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Chiapas.

3.2.3.2. Ley de Protección para la Fauna en el Estado de Chiapas

Se presentan los artículos de la Ley de Protección para la Fauna en el Estado de Chiapas que se relacionan con el Proyecto.

Ley de Protección para la Fauna en el Estado de Chiapas		Vinculación con el Proyecto
Artículo 16	*Tomando en consideración que todas las especies de animales silvestres que subsisten libremente son propiedad de la Nación y patrimonio de las generaciones actuales y futuras, este ordenamiento obliga a todos los habitantes en el estado de Chiapas, a velar por su preservación, propagación y aprovechamiento racional.*	Se velará por la integridad de las especies propias de la zona, como es el caso de la Tortuga Marina, por lo que se tomaran medidas para asegurar su protección y bienestar: además, se tendrá en cuenta la importancia por la protección y cuidado de las especies de Fauna Silvestre que pudieran encontrarse en los alrededores. Por lo cual, no se ocasionarán daños a las mismas.
Artículo 17	*Queda estrictamente prohibida la caza de cualquier especie animal silvestre en el estado de Chiapas a excepción de la que se efectúe en aquellos cotos de caza que las autoridades fijen para fines deportivos, conforme a las leyes y reglamentos aplicables.*	

Tabla 18. Vinculación del Proyecto con la Ley de Protección para la Fauna en el Estado de Chiapas.

3.2.4. Tratados o convenios internacionales

Uno de los principales convenios internacionales en referencia a la protección de los ecosistemas, es el establecido en la Convención sobre los Humedales, comúnmente llamada la Convención de Ramsar.

Este tratado ofrece el marco para la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos. La Convención se adoptó en la ciudad iraní de Ramsar en 1971 y entró en vigor en 1975. La Convención RAMSAR establece que *"Son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas,*

incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros".

En México, la Ley de Aguas Nacionales (2004) define a los humedales como *"Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos"*.

El Proyecto se ubicada dentro del **Sitio RAMSAR No. 1823 denominado "Sistema Estuarino Puerto Arista"**, como se observa en la Figura 8.

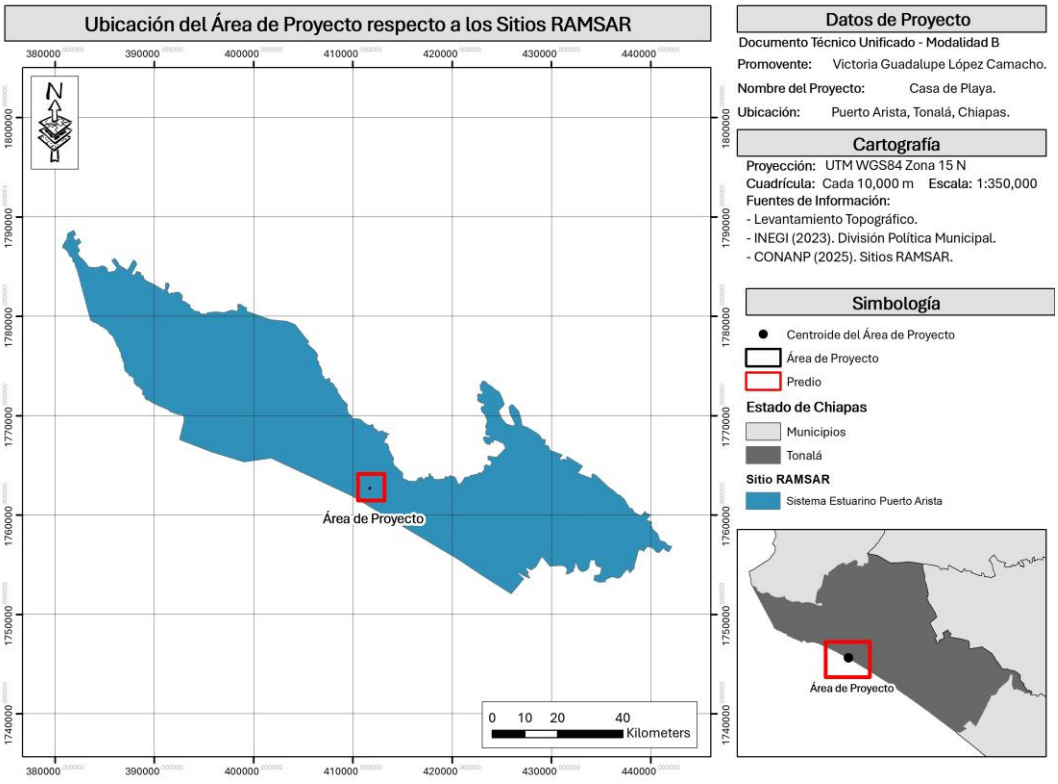


Figura 8. Ubicación del Proyecto respecto a los Sitios Ramsar.

De acuerdo con la Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR), para el **Sitio RAMSAR No. 1823 "Sistema Estuarino Puerto Arista"**, se indican los *Factores adversos (pasados, presentes o potenciales) que afecten a las características ecológicas del sitio, incluidos cambios en el uso del suelo (comprendido el aprovechamiento del agua) y de proyectos de desarrollo*, considerando el siguiente:

a) **Dentro del sitio Ramsar:** Saqueo de los nidos que las tortugas marinas depositan en la playa. Matanza de hembras anidadoras en las playas para la obtención de carne, huevo y aceite. Depredación de nidos por animales silvestres e introducidos (perros

principalmente). Pesca incidental en trasmallos y redes. La contaminación de las zonas de anidación por el acarreo de materia y sustancias que arrastran los ríos a los sistemas lagunarios y estos a su vez al mar. Cambios en el Uso de Suelo por obras de Infraestructura, servicios y desarrollo turístico mal planificadas, transporte y almacenamiento de estupefacientes e indocumentados, depresiones tropicales, tormentas y huracanes que provocan desastres naturales por inundaciones y modificaciones en el perfil y relieve de playas de anidación, dunas costeras y boca barras. (INHE 2006)

Considerando que el área del Proyecto se encuentra dentro del **Sitio RAMSAR No. 1823** y que este, dentro de su problemática se encuentran principalmente actividades que ponen en riesgo a la tortuga marina y la contaminación de las zonas de anidación, el Proyecto ha establecido medidas de prevención para evitar abundar a la problemática, como la vigilancia en playas de anidación, la capacitación y educación ambiental del Promovente, residentes y al personal de limpieza y mantenimiento de la instalación, con el objetivo de concientizar sobre la importancia de su conservación.

Dichas medidas se encuentran en el **Capítulo 9** del presente DTU-B.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
MODALIDAD B (DTU-B)

“CASA DE PLAYA, UBICADA EN PUERTA ARISTA, MUNICIPIO DE TONALÁ, CHIAPAS”

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

PROMOVENTE: MANUEL FRANCISCO ANTONIO PARIENTE GAVITO

MAYO, 2026

Contenido

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.. 1

4.1. Delimitación del área de estudio donde pretende establecerse el Proyecto 1

4.2. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del Sistema Ambiental 4

4.2.2. Clima 4

4.2.2.1. Unidades climáticas 4

4.1.2.2. Temperatura y precipitación 5

4.2.2.3. Vientos 7

4.1.2.4. Fenómenos hidrometeorológicos 8

4.2.3. Suelos 8

4.2.3.1. Tipo de suelo 8

4.2.3.1.2. Grado de Susceptibilidad a la Erosión Hídrica y Eólica 10

4.2.3.2.1. Erosión Hídrica 10

4.2.3.2.1.1. Sistema Ambiental 11

4.2.3.2.1.1. Área del Proyecto 12

4.2.3.2.1.1.1. Previo al CUSTF 12

4.2.3.2.1.1.2. Posterior al CUSTF 13

4.2.3.2.2. Erosión Eólica 14

4.2.3.2.3. Tipos y grados de erosión presentes y causas que la originan 15

4.1.4. Geología 17

4.1.4.1. Unidades geológicas 17

4.1.4.2. Origen geomorfológico del suelo 18

4.1.4.3. Fisiografía 18

4.1.4.4. Fenómenos geológicos 20

4.1.4.5. Características hidrogeológicas 22

4.1.4.5.1. Estimación de la infiltración 24

4.1.4.5.1.1. Sistema Ambiental 24

4.1.4.5.1.2. Área del Proyecto 24

4.1.4.5.1.2.1. Previo al CUSTF 24

4.1.4.5.1.2.2. Posterior al CUSTF 24
4.1.4.5.2. Calidad del agua 24
4.1.5. Topografía 27
4.1.5.1. Relieve y Pendientes del Terreno 27
4.1.5.2. Exposiciones del terreno 29
4.1.6. Hidrología 29
4.1.6.1. Corrientes y cuerpos de agua superficiales 31
4.1.6.2. Flujos mínimos y máximos que sustentan su temporalidad 31
4.2. Elementos biológicos 32
4.2.1. Vegetación 32
4.2.1.1. Provincias Biogeográficas 33
4.2.1.2. Uso de suelo y Vegetación 34
4.2.1.3. Caracterización de la Vegetación 37
4.2.1.3.1. Metodología para el muestreo 37
4.2.1.3.2. Confiabilidad de la muestra 41
4.2.1.3.3. Listado de especies 45
4.2.1.3.3.1. Listado de especies potenciales de flora en el Sistema Ambiental 45
4.2.1.3.3.2. Listado de especies de flora muestreadas en el Sistema Ambiental 45
4.2.1.3.3.3. Listado de especies de flora muestreadas en el área de Proyecto 47
4.2.1.3.3.4. Especies de flora listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III 48
4.2.2. Fauna 48
4.2.2.1. Metodología de muestreo 48
4.2.2.2. Confiabilidad de la muestra 52
4.2.2.3. Listado de especies de fauna 54
4.2.2.3.1. Listado de especies potenciales de fauna en el Sistema Ambiental 54
4.2.2.3.2. Listado de especies de fauna muestreadas en el Sistema Ambiental 55
4.2.2.3.3. Listado de especies de fauna muestreadas en el área del Proyecto 57

4.2.2.3.4. Especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III 59
4.2.3. Medio socioeconómico 60
4.2.3.1. Demografía 60
4.2.3.2. Características económicas 61
4.2.3.3. Medio sociocultural 62
4.2.4. Paisaje 62
4.4. Diagnóstico Ambiental 67

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación del proyecto en las unidades hidrológicas. 2
Figura 2. Ubicación del Sistema Ambiental. 3
Figura 3. Unidad climatológica del SA y del proyecto. 5
Figura 4. Tipos de suelo en el SA y en el área de Proyecto. 10
Figura 5. Clases de grado de erosión hídrica en el SA. 11
Figura 6. Clases de grado de erosión hídrica actual en el CUSTF. 13
Figura 7. Clases de grado de erosión hídrica posterior al CUSTF. 14
Figura 8. Peligro de erosión en el estado de Chiapas. 16
Figura 9. Unidades litológicas. 17
Figura 10. Provincias fisiográficas. 19
Figura 11. Subprovincias fisiográficas. 19
Figura 12. Sistemas de topoformas. 20
Figura 13. Regionalización Sísmica de la República Mexicana. 21
Figura 14. Peligro sísmico. 21
Figura 15. Acuíferos en los que incide el SA y el área del proyecto. 22
Figura 16. Hidrogeología del SA y del proyecto. 23
Figura 17. Semáforo de calidad del agua. 26
Figura 18. Altitud del terreno. 28
Figura 19. Pendientes del terreno. 28
Figura 20. Exposiciones del terreno. 29
Figura 21. Jerarquización hidrológica. 30
Figura 22. Hidrología superficial. 31
Figura 23. Provincias biogeográficas. 34
Figura 24. Usos de suelo y vegetación. 35

Figura 25. Esquema de sitios de muestreo de flora con Transectos lineales de 2x30. 38
Figura 26. Sitios de muestreo de flora. 40
Figura 27.Ejemplo de Curva de Acumulación de Especies. 42

Lista de Tablas

Tabla 1. Superficies ocupadas por el CUSTF en los sistemas hidrológicos. 2
Tabla 2. Unidades climáticas. 4
Tabla 3. Información general de las estaciones climatológicas cercanas. 6
Tabla 4. Datos de la Estación Climatológica "Horcones". 6
Tabla 5. Datos de la Estación Climatológica "Arriaga (DGE)". 6
Tabla 6. Superficie de unides edáficas en el SA. 8
Tabla 7. Clase de degradación potencial hídrica presente en el SA. 12
Tabla 8. Clase de degradación potencial hídrica actual en el CUSTF. 12
Tabla 9. Clase de degradación potencial hídrica posterior al CUSTF. 14
Tabla 10. Superficie de unidades litológicas. 17
Tabla 11. Superficie de unidades hidrogeológicas. 23
Tabla 12. Características del sitio de muestreo de calidad de agua superficiales de la CONAGUA. 26
Tabla 13. Calidad de agua del punto de muestreo OCFSU3019. 27
Tabla 14. Calidad de agua del punto de muestreo OCFSU3020. 27
Tabla 15. Superficie de usos de suelo y vegetación. 35
Tabla 16. Coordenadas UTM de los sitios de muestreo de flora en el SA. 40
Tabla 17. Coordenadas UTM de los sitios de muestreo de flora en el área de Proyecto. 40
Tabla 18. Listado de especies de flora en el SA. 47
Tabla 19. Listado de especies de flora en el área del proyecto. 47
Tabla 20. Coordenadas de los transectos de muestreo de fauna en el SA. 50
Tabla 21. Coordenadas de técnicas de muestreo de fauna en el SA. 51
Tabla 22. Coordenadas de las unidades de muestreo de fauna en el área de Proyecto. 51
Tabla 23. Listado de especies de fauna en el SA. 57
Tabla 24. Listado de especies de fauna en el área de Proyecto. 59
Tabla 25. Especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el SA. 59
Tabla 26. Especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el área del Proyecto. 59
Tabla 27. Distribución de la Población por Edad y Sexi en Tonalá, Chiapas. 60
Tabla 28. Criterios para evaluación visual del paisaje. 63

Tabla 29. Valoración de la calidad paisajística. 64
Tabla 30. Parámetros de valoración para elementos paisajísticos. 66
Tabla 31. Valoración paisajística del SA y del área de Proyecto. 67

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Climograma de las estaciones más cercanas. 6
Gráfico 2. Diagrama de vientos dominantes. 7
Gráfico 3. Jerarquización hidrológica del SA y del Proyecto. 30
Gráfico 4. Curva de acumulación de especies de flora en el SA. 43
Gráfico 5. Curva de acumulación de especies de flora en el área del Proyecto. 43
Gráfico 6. Riqueza de especies de flora potenciales en el SA. 45
Gráfico 7. Riqueza de especies de flora en el SA. 46
Gráfico 8. Riqueza de especies de flora en el área de Proyecto. 47
Gráfico 9. Curva de acumulación de fauna en el SA. 52
Gráfico 10. Curva de acumulación de fauna del área del Proyecto. 53
Gráfico 11. Riqueza de especies de fauna potencial en el SA. 55
Gráfico 12. Riqueza de especies por clase faunística en el SA. 55
Gráfico 13. Riqueza de especies de fauna en el SA. 56
Gráfico 14. Riqueza de especies por clase faunística en el área de Proyecto. 58
Gráfico 15. Riqueza de especies de fauna en el área de Proyecto. 58
Gráfico 16. Porcentaje de la población por género del municipio de Tonalá. 60
Gráfico 17. Población económicamente activa del municipio de Tonalá. 61

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

4.1. Delimitación del área de estudio donde pretende establecerse el Proyecto

Un Sistema Ambiental (SA) se define como una unidad espacial finita delimitada con base en la dinámica de interacción entre los componentes abiótico, biótico, socioeconómico y cultural presentes en el área donde se ubicará un proyecto, generalmente conformada por uno o varios ecosistemas interrelacionados, conforme a los criterios establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2002).

El análisis del SA implica la caracterización estructural y funcional de sus componentes, así como la identificación de las interacciones sistémicas que determinan su equilibrio y resiliencia. A partir de este enfoque, se procede a identificar y evaluar las posibles alteraciones e impactos derivados de la ejecución del proyecto, además de establecer las medidas de prevención, mitigación, compensación y, en su caso, de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Considerando esto, el SA constituye el marco de referencia para la evaluación de la viabilidad ambiental del proyecto en sus distintas etapas (preparación del sitio, construcción, operación y, en su caso, abandono), permitiendo analizar su incidencia sobre los factores físicos, biológicos y socioeconómicos que integran el sistema.

Para la delimitación del SA se consideraron el Área del Proyecto y de Influencia, así como los componentes ambientales relevantes susceptibles de verse afectados por el desarrollo del mismo.

- **Área del Proyecto:** Corresponde a una superficie total de **0.2501 Ha**, la cual estará sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), destinada para la construcción de un centro de convenciones y eventos sobre la franja costera de Puerto Arista, en el Municipio de Tonalá, Chiapas.
- **Área de Influencia:** Considerando la naturaleza y alcance de las actividades previstas, se define como la superficie adyacente al polígono del proyecto que podría experimentar impactos directos e indirectos derivados de las obras y actividades asociadas. Asimismo, se contemplan los posibles efectos sobre las localidades cercanas al sitio, particularmente en los componentes socioeconómicos y de infraestructura.

Con base en la regionalización hidrológica establecida en el Diario Oficial de la Federación (DOF), el Área del Proyecto se ubica dentro de la **Región Hidrológica No. 23 (RH23) "Costa**

de Chiapas", específicamente en la **Cuenca Hidrológica (RH23D) "Laguna Mar Muerto"**, dentro de la **subcuenca hidrológica (RH23Db) "Mar Muerto"**.

Considerando lo anterior, a continuación, se presenta la relación espacial ocupada en las unidades hidrológicas, comparado el área del Proyecto, es decir las 0.2501 Ha que este comprende y que estará sujeta a Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales. Además, en la Figura 1, se presenta la ubicación del área del Proyecto y de CUSTF, con respecto a las unidades hidrológicas indicadas.

Jerarquización Hidrológica	Superficie (Ha)	Proporción ocupada (%) por el Proyecto y área de CUSTF
Región Hidrológica RH23 "Costa de Chiapas"	1,236,130.266	0.00002
Cuenca RH23D "Laguna Mar Muerto"	320,762.213	0.00008
Subcuenca RH23Db "Mar Muerto"	211,035.158	0.00012
Microcuenca "Puerto Arista"	4,415.097	0.00566

Tabla 1. Superficies ocupadas por el CUSTF en los sistemas hidrológicos.

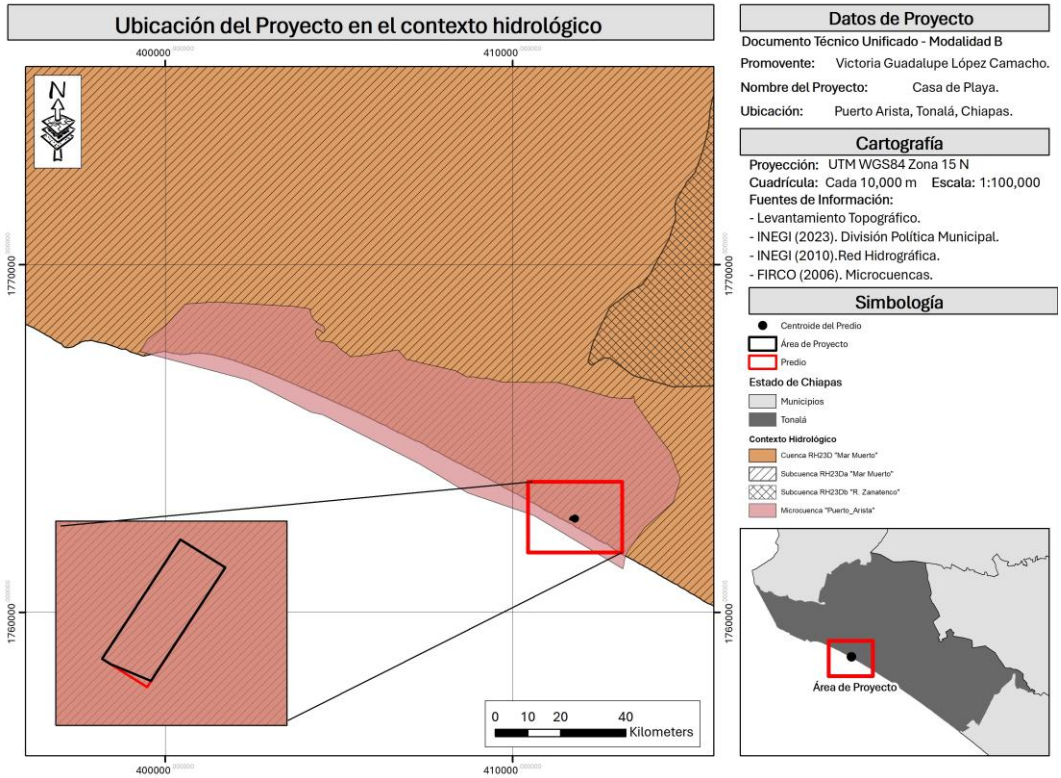


Figura 1. Ubicación del proyecto en las unidades hidrológicas.

La Región Hidrológica RH23 "Costa de Chiapas" comprende una superficie total de 1,236,130.266 Ha. Dentro de esta unidad, el Área del Proyecto representa el 0.00002%.

En cuanto a la Cuenca RH23D "Laguna Mar Muerto", ésta abarca una extensión de 320,762.213 Ha. Dentro de esta unidad, el Área del Proyecto ocupa el 0.00008%. Respecto

a las Subcuenca RH23Db "Mar Muerto", cubren una superficie de 211,035.158 Ha. En esta unidad, el Área del Proyecto corresponde al 0.00012%.

Para la Microcuenca "Puerto Arista", cubre una superficie de 4,415.097 Ha. En esta unidad, el Área de Proyecto ocupa el 0.00566%, siendo esta la más representativa.

Dado que la incidencia territorial del proyecto es más significativa en el ámbito de la microcuenca, lo que implica una mayor susceptibilidad a impactos ambientales locales, se empleará la delimitación de esta unidad geográfica como área de análisis principal, también referida como Sistema Ambiental (SA).

En consecuencia, para efectos del presente estudio se adoptarán los siguientes niveles geográficos de análisis, definidos de acuerdo con la jerarquía hidrológica y forestal correspondiente.

- **Sistema Ambiental:** La extensión de 4,415.097 Ha de la Microcuenca "Puerto Arista", cuya delimitación se aprecia en la Figura 2.
- **Área del Proyecto**: Las 0.2501 Ha que abarca la totalidad del proyecto y en donde se realizará el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

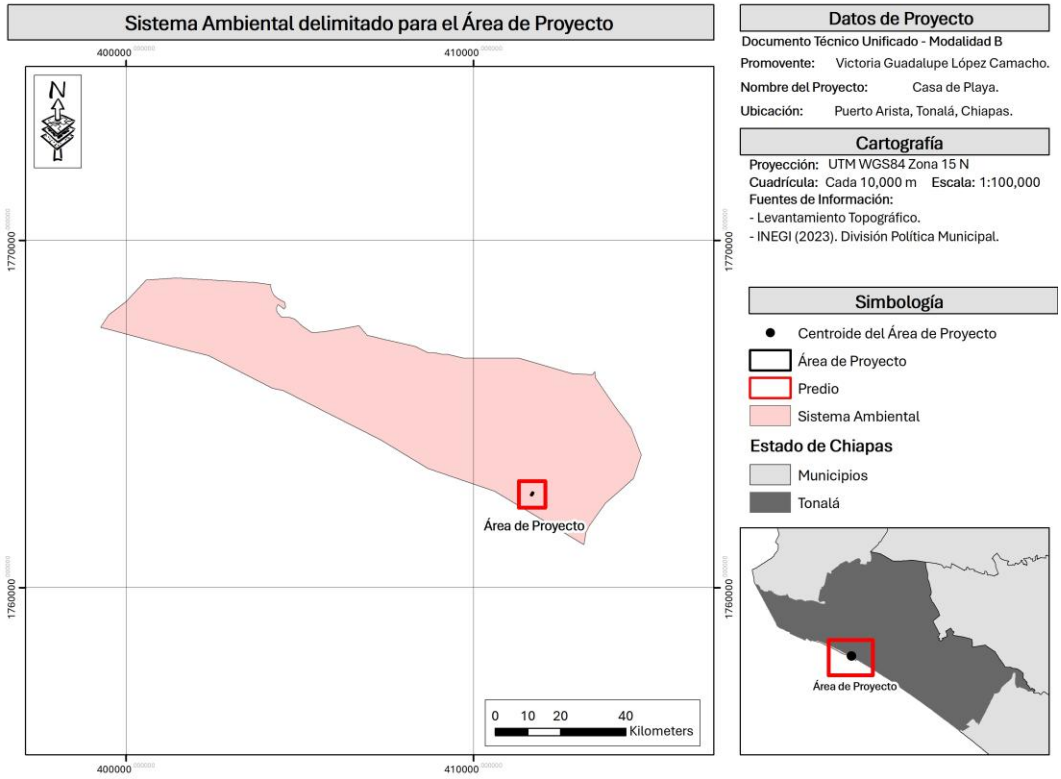


Figura 2. Ubicación del Sistema Ambiental.

La descripción de los sistemas hidrográficos se realiza con el propósito de establecer una línea base ambiental que permita comparar las condiciones naturales existentes previas a la

ejecución del CUSTF dentro del SA. Esta caracterización constituye un elemento fundamental para analizar la relación del Proyecto con la dinámica hidrológica de la cuenca y para evaluar la capacidad de respuesta y resiliencia del sistema hidrográfico ante las posibles modificaciones derivadas de las actividades proyectadas.

En este contexto, resulta esencial seleccionar un sistema hidrográfico de referencia y describir sus componentes con el mayor nivel de detalle posible, garantizando que sus características bióticas y abióticas mantengan una alta similitud con las del área de influencia directa del Proyecto. Esto permitirá estimar con mayor precisión la magnitud y significancia de los impactos ambientales potenciales sobre el medio hídrico y los ecosistemas asociados.

Con base en este enfoque, se determina que la Microcuenca "Puerto Arista" conforma una unidad geográfica con alta coherencia funcional y estructural entre sus elementos naturales, en comparación con las unidades de orden superior (Cuenca y Subcuenca). Dicha integración favorece una comprensión más precisa de los componentes físicos, biológicos y socioeconómicos vinculados al área de influencia del Proyecto, así como de los posibles impactos derivados de su implementación. Asimismo, considerando que el Proyecto se localiza mayoritariamente dentro de los límites de estas microcuencas, éstas adquieren un mayor valor representativo para el análisis ambiental correspondiente.

Es importante señalar que la información cartográfica utilizada en el presente estudio proviene de fuentes oficiales y actualizadas, entre las que se incluyen el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y el Servicio Geológico Mexicano (SGM).

4.2. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del Sistema Ambiental

4.2.2. Clima

4.2.2.1. Unidades climáticas

De acuerdo con la Carta Temática de Unidades Climáticas, Escala 1:1,000,000 del INEGI (2008) y a la clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García (2004) para los climas de la República Mexicana, el SA se localiza dentro de las unidades climáticas **Aw1 (w)** y **H_2O** (Figura 3, Tabla 2).

Clave	Características	Superficie (Ha)		Porcentaje (%)	
		SA	Proyecto	SA	Proyecto
H_2O	Cuerpos de Agua	1,141.8405	--	25.86	--
Aw1(w)	Cálido subhúmedo	3,273.2569	0.2501	74.14	100
Total		4,415.097	0.2501	100.00	100

Tabla 2. Unidades climáticas.

A continuación, se describen las características de la unidad climática mencionada:

- **Aw1 (w):** Cálido Subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual mayor a 22°C y temperatura del mes más frío mayor a 18°C. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm, con un cociente P/T promedio entre 43.2 y 55.3, y un porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
- **H_2O:** Se refiere a superficies correspondientes a cuerpos de agua.

Por su parte, el proyecto se ubica en su totalidad dentro de la unidad climática Aw1(w):

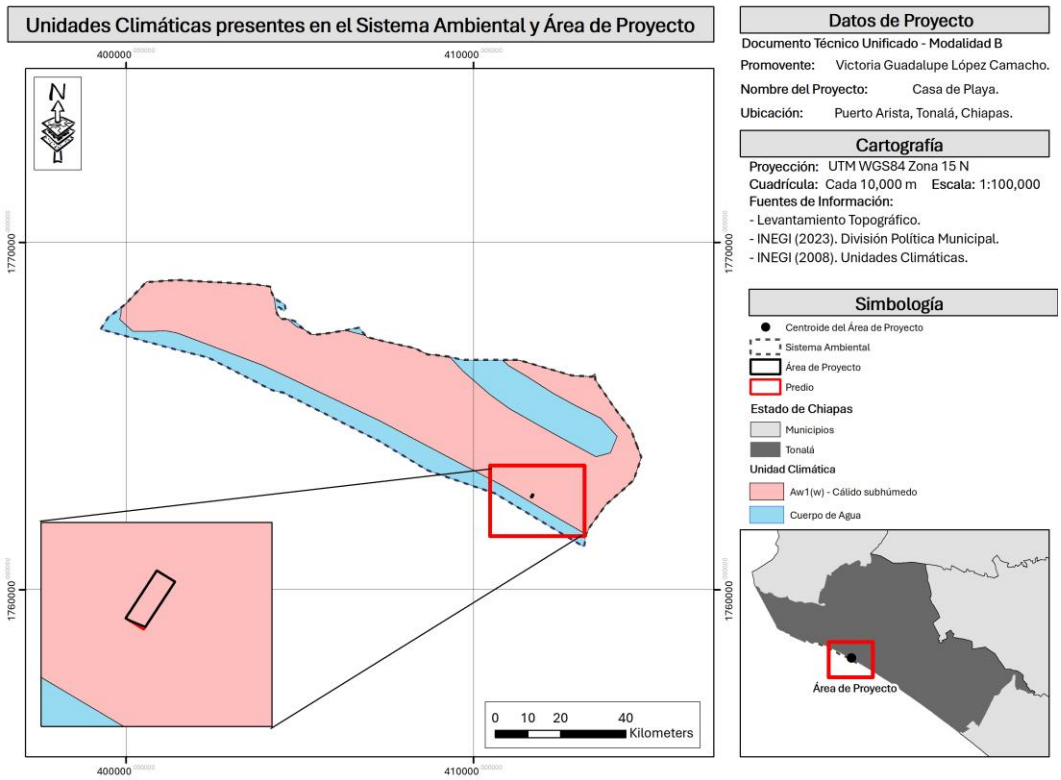


Figura 3. Unidad climatológica del SA y del proyecto.

4.1.2.2. Temperatura y precipitación

Al interior del SA, no se localizan estaciones climatológicas operativas, además de que las ubicadas dentro del municipio de Tonalá se encuentran suspendidas y, en su mayoría, sin datos históricos. Por lo tanto, a fin de reportar los datos meteorológicos de la zona, se tomó la información de la Estación más cercana 7074 "Horcones" con datos disponibles (1981-2010) y los datos de la Estación Climatológica más cercana con datos más actuales (1991-2020) la Estación 7182 "Arriaga (DGE)" ubicada en el municipio de Arriaga.

En la Tabla 3, se presentan los datos reportados por las estaciones mencionadas previamente:

Estación	Nombre	Periodo de información	Estado	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m.)	Distancia aproximada hacia el proyecto
7074	Horcones	1981 – 2010	Suspendida	15.95528°	-93.60556°	130	21 km
7182	Arriaga (DGE)	1991 – 2020	Operando	16.24167°	-93.90833°	64	35 km

Tabla 3. Información general de las estaciones climatológicas cercanas.

A continuación, se presentan los datos registrados por esta estación, así como el climograma elaborado con dicha información:

Estación 7074 "Horcones"														
Mes		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total Anual
Temperatura media normal	°C	27.9	28.0	28.5	28.8	28.4	28.0	27.8	27.8	27.7	27.5	27.7	27.4	28.0
Precipitación normal	mm	1.2	9.2	14.1	39.3	217.7	458.0	398.6	421.8	482.1	231.6	51.3	15.9	2,340.8

Tabla 4. Datos de la Estación Climatológica "Horcones".

Estación: 00007128 "Arriaga (DGE)"														
Mes		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total Anual
Temperatura media normal	°C	26.5	27.4	28.6	29.7	30.1	29	29.4	29.3	28.5	28.4	28	27.1	28.5
Precipitación normal	mm	0.8	3.4	3.9	27.8	155.7	357.5	246.4	302.1	361.8	150.7	40.2	1.3	1,657.6

Tabla 5. Datos de la Estación Climatológica "Arriaga (DGE)".

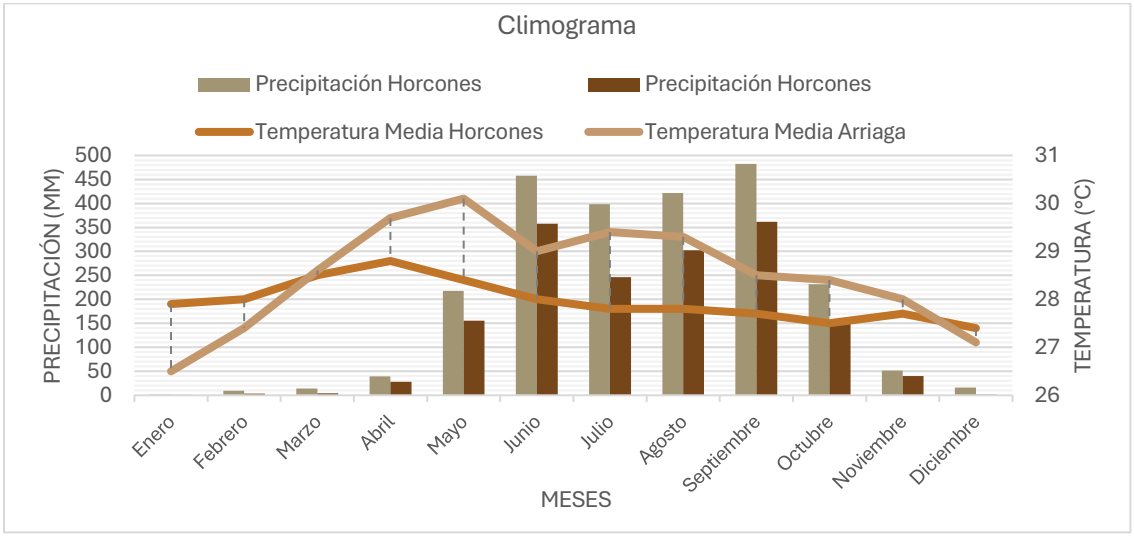


Gráfico 1. Climograma de las estaciones más cercanas.

En términos generales, el valor máximo de temperatura se registra en mayo, alcanzando 30.1 °C, mientras que el mínimo corresponde a enero, con 26.5 °C. Este comportamiento evidencia un patrón térmico homogéneo, con una oscilación anual reducida. El incremento

térmico se presenta progresivamente de abril a agosto asociado al aumento de la radiación solar previo al establecimiento de la temporada de lluvias, mientras que el descenso ocurre de diciembre a febrero.

En cuanto a la precipitación, la temporada seca se extiende de diciembre, enero, febrero y marzo, con valores mínimos que oscilan entre 0.8 mm y 3.9 mm, siendo enero el mes más seco. A partir de abril se observa un incremento notable de las lluvias, consolidándose la temporada húmeda entre mayo y octubre. El máximo mensual se registra en septiembre (361.8 mm), aunque agosto también muestra acumulados muy elevados (superiores a 302.1 mm).

4.2.2.3. Vientos

Para conocer los valores de dirección y velocidad de vientos en el SA, se utilizaron los datos de la **Estación Meteorológica Automática (EMA) "El Triunfo"**, al ser la más cercana al SA. Se recabaron datos de los últimos 90 días (hasta el 18 de marzo de 2026), mismos que fueron procesados por medio del software libre R Studio.

Para la visualización, se empleó el paquete openair, que permite generar rosas de vientos mediante la función windRose, utilizando los datos de velocidad y dirección del viento como parámetros principales (Gráfico 2).

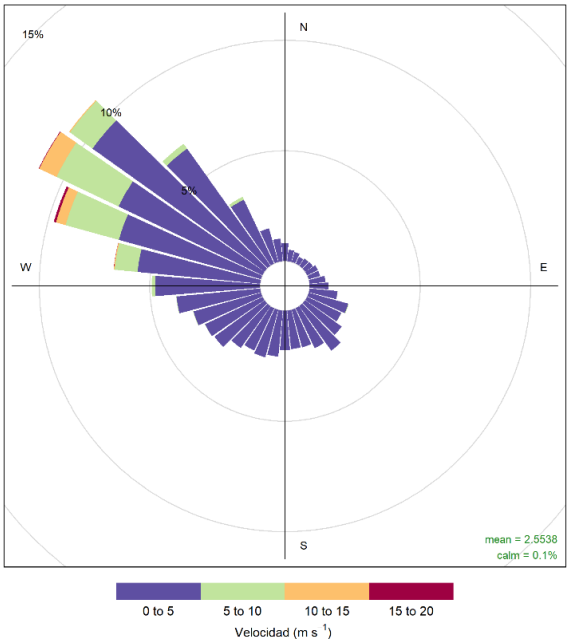


Gráfico 2. Diagrama de vientos dominantes.

De esta manera, se obtuvo que los vientos provienen principalmente del Noroeste y se dirigen hacia el Sureste, focalizándose mayormente hacia el Noroeste. Las velocidades registradas tienen mínimas de 0 m/s, máximas mayores a 18.64 m/s y un promedio de 0.33 m/s.

4.1.2.4. Fenómenos hidrometeorológicos

Para obtener la susceptibilidad a los fenómenos meteorológicos se utilizaron cartas temáticas del Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED, obteniéndose los resultados siguientes:

- ***Bajas Temperaturas***: Ante este fenómeno, el SA y el área de Proyecto presentan un grado de riesgo Muy Bajo.
- ***Tormentas Eléctricas***: En el SA y la superficie del proyecto se presenta un grado de riesgo Muy Bajo.
- ***Tormentas con Granizo***: El SA y área del Proyecto se encuentran en una zona que comprende un grado de peligro y de riesgo Muy Bajo ante este fenómeno.
- ***Ciclones Tropicales:*** El SA y el área del proyecto presentan un grado de riesgo Muy Bajo.
- ***Sequías***: Tanto el SA como el Proyecto, se encuentran inmersos en una zona de grado de riesgo Muy Bajo respecto a sequías.
- ***Inundaciones:*** El SA y del área del proyecto se ubican en una zona con nivel de vulnerabilidad Media ante inundaciones.

4.2.3. Suelos

4.2.3.1. Tipo de suelo

El suelo puede definirse como un material no consolidado que está en constante cambio, de origen variable, que sirve de enlace entre los elementos inorgánicos, como lo son los minerales provenientes de la descomposición de la roca, y los orgánicos, tales como el material vegetal y animal, que conforman un ecosistema.

Con base en la Carta Edafológica, Serie II del INEGI (2014), el SA incide sobre **cinco unidades de suelo** (Figura 3) y la unidad de Cuerpo de Agua, así como una superficie sin información, las cuales se desglosan en la Tabla 6. En cuanto al área del Proyecto, incide sobre **Arenosol con textura gruesa** en su totalidad, como se observa en la Figura 4.

Tipo de suelo predominante	Unidad Edáfica	Superficie	
		Ha	%
Arenosol	ARsowpr/1	1,130.253	29.882
Solonchak	SCglso+GLso/2	338.108	8.939
	SCglso+HSso/2	213.274	5.639
Gleysol	GLso+RGso/2	1,544.513	40.835
	GLso+SCglso/2	284.362	7.518
-	Cuerpo de agua	271.829	7.187
-	Sin Información	632.757	16.729
Total		**4,415.097**	**100.00**

Tabla 6. Superficie de unides edáficas en el SA.

A continuación, se describen los tipos de suelo identificados, así como los calificadores y texturas que conforman las unidades edáficas:

Tipos de suelo:

- **Arenosol (AR):** Suelos con más del 85% de arena. Incluye arenas recién depositadas en dunas o playas, arenas residuales formadas por meteorización de sedimentos o rocas ricas en cuarzo.
- **Solonchak (SC):** Suelos con enriquecimiento en sales fácilmente solubles, formadas en ambientes de elevada evapotranspiración. Las sales son apreciables cuando el suelo esta seco y en la mayoría de las veces precipitan en la superficie formando una costra de sal.
- **Gleysol (GL):** Suelos propios de humedales y que bajo condiciones naturales están afectados por agua subterránea en los primeros 50 cm de profundidad. Presentan manchas azul-verdosas o negruzcas que denotan presencia de sulfuro de hierro o metano.
- **Regosol (RG):** Suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen.
- **Histosol (HS):** Suelos con capas orgánicas de espesor mayor a 10 cm. Los restos orgánicos son acumulados en cualquier condición de humedad y presentan una concentración mayor al 18% de carbono orgánico. Son suelos de alto valor ecológico debido a sus propiedades de absorción de humedad y regulación de los cauces naturales.

Calificadores de suelo:

- **Sódico (so):** Suelos que tiene 15% o más de sodio más magnesio intercambiables en el complejo de intercambio entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo en todo su espesor.
- **Hiposodico (sow):** Suelo que tiene al menos 6% de saturación de sodio más magnesio en el complejo de intercambio en una capa de 20 cm o más de espesor, dentro de 100 cm de la superficie del suelo.
- **Prótico (pr):** Indica cuando un Arenosol no tiene ninguna característica adicional sobresaliente.
- **Gléyico (gl):** Suelos saturados de agua o recientemente drenados que presentan manchas de diverso matiz y luminosidad, notables a la vista sobre las caras del suelo o entre los poros abiertos por las raíces o lombrices, como consecuencia de una gran distribución de hidróxidos de hierro y magnesio.

Textura del suelo:

- **Media (2):** Comúnmente llamados francos, equilibrados generalmente en el contenido de arena, arcilla y limo.
- **Gruesa (1):** Suelos arenosos con más de 65% de arena, con menor capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas.

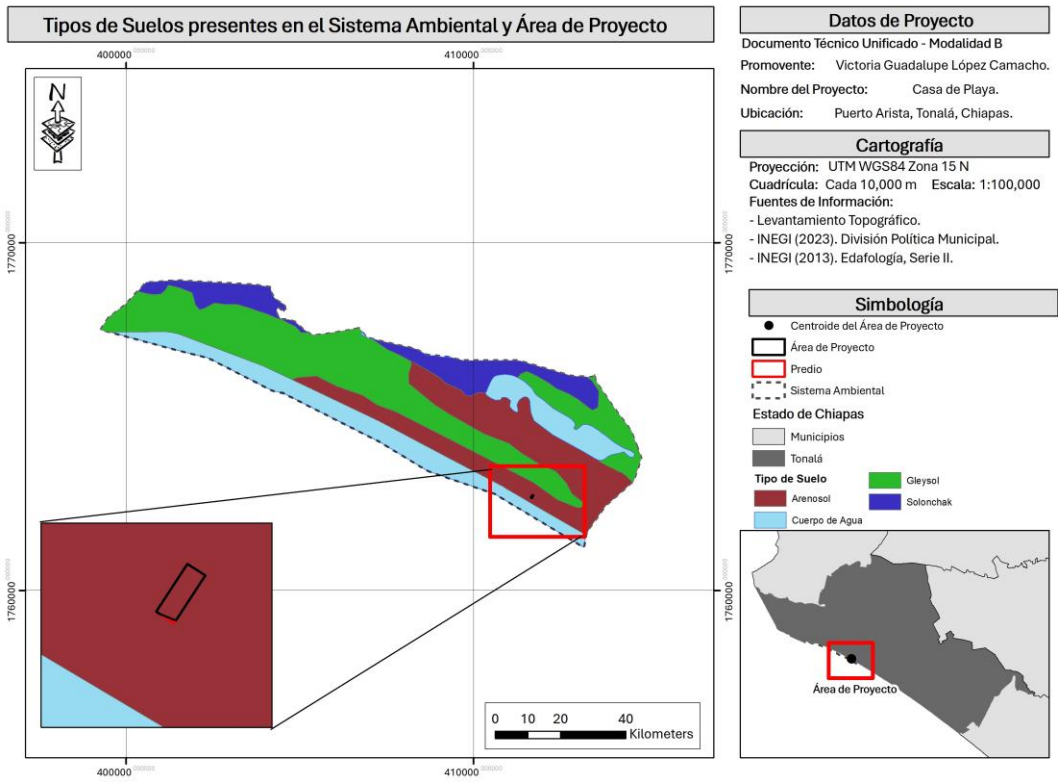


Figura 4. Tipos de suelo en el SA y en el área de Proyecto.

4.2.3.1.2. Grado de Susceptibilidad a la Erosión Hídrica y Eólica

4.2.3.2.1. Erosión Hídrica

Se estimó la Erosión Hídrica del Suelo utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), el cual es un modelo que permite estimar en campo, la erosión actual y potencial de los suelos. Es importante mencionar que en este capítulo únicamente se detallan los resultados obtenidos, sin embargo, la metodología se presenta de forma detallada en el Capítulo 7 del presente DTU-B.

Para determinar la erosión hídrica dentro del área de estudio, se utilizó el modelo basado en la Ecuación Universal de la Perdida de Suelo (por sus siglas en inglés, USLE) propuesta por Wischmeier y Smith (1978); el cual es un modelo empírico que permite determinar el promedio anual de pérdida del suelo expresada como masa por unidad de área por unidad de tiempo, en función del efecto combinado de cinco factores: Erosividad de la lluvia (*R*), Erodabilidad del suelo (*K*), Longitud-Pendiente (*LS*), cubierta vegetal (*C*), y prácticas de

conservación (*P*), para estimar la Pérdida de Suelos Promedio (*A*) por el período de tiempo representado por *R*.

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde:

A = Erosión promedio anual expresada en *ton/ha/año*.

R = Factor de erosividad expresada en *Mj/ha.mm/h*.

K = Factor de erodabilidad del suelo expresada en *ton.h/Mj.mm*.

LS = Factor topográfico longitud-pendiente (adimensional).

C = Factor de vegetación (adimensional).

P = Factor de prácticas de conservación (adimensonal).

4.2.3.2.1.1. Sistema Ambiental

- ***EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL***

Como se observa en la Tabla 7, el **79.87**% del SA se presenta Erosión Ligera es decir menor a 12 Ton/Ha/Año; el **3.58**% es Erosión Moderada (De 12 a 50 Ton/Ha/Año) y el 2.22% es Alta (De 50 a 100 Ton/Ha/Año). Lo anterior se ilustra en la Figura 5:

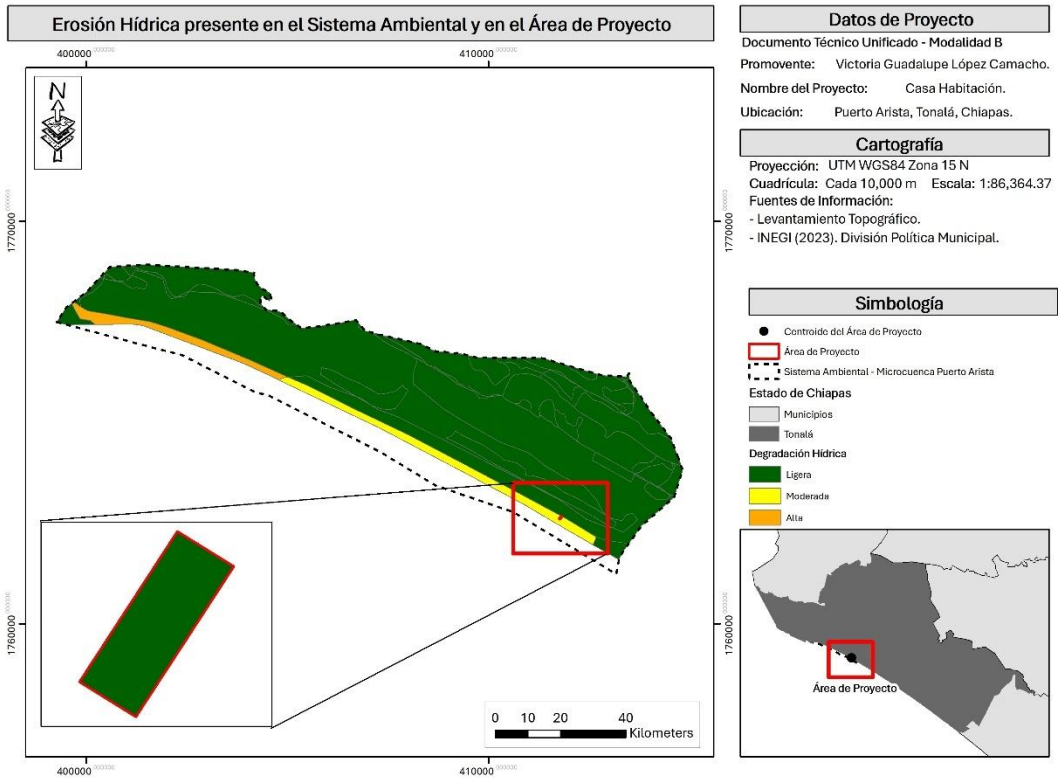


Figura 5. Clases de grado de erosión hídrica en el SA.

Clase de Degradación	Valor de la Erosión Hídrica	Superficie (Ha)	Porcentaje
Ligera	Menor de 12 ton/año	3,526.526	79.87%
Moderada	De 12 a 50 ton/año	157.918	3.58%
Alta	De 50 a 200 ton/año	97.895	2.22%
Muy Alta	Mayor de 200 ton/año	0.0000	0.000%
Sin información	----------	632.758	14.33%
Total		4,415.097	100.000%

Tabla 7. Clase de degradación potencial hídrica presente en el SA.

- *EROSIÓN ACTUAL REAL*

La **Erosión Real** se define como aquella que se presenta en una superficie delimitada y se expresa en Ton/Año. Si se desea conocer la Erosión Hídrica Real del área, se debe multiplicar el valor de la EH_{POT} por la superficie de cada polígono, el resultado refleja la Erosión Hídrica Actual presente, lo anterior es conocido también como **Erosión Hídrica Real Actual (EH_{REAL})**, pues se puede inferir que es lo que se erosiona en el área al año. Esto se realizó en la superficie del SA; obteniendo la corrección, donde la Erosión Hídrica Real Actual es de **9,621.997 Ton/Año.**

Nota: *La memoria de cálculo (en formato Excel) de la Erosión Hídrica para el SA se adjunta de forma digital en una USB al presente documento.*

4.2.3.2.1.1. Área del Proyecto

4.2.3.2.1.1.1. Previo al CUSTF

- *EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL*

Como se observa en la Tabla 8, el 100.00% del área de CUSTF presenta Erosión Ligera es decir menor a menor a 12 Ton/Ha/Año. Lo anterior se ilustra en la Figura 6:

Clase de Degradación	Valor de la Erosión Hídrica	Superficie (Ha)	Porcentaje
Ligera	Menor de 12 ton/año	0.2501	100.00
Moderada	De 12 a 50 ton/año	0.0000	0.00
Alta	De 50 a 200 ton/año	0.0000	0.00
Muy Alta	Mayor de 200 ton/año	0.0000	0.00
Sin información	----------	0.0000	0.00
TOTAL		**0.2345**	**100.00**

Tabla 8. Clase de degradación potencial hídrica actual en el CUSTF.

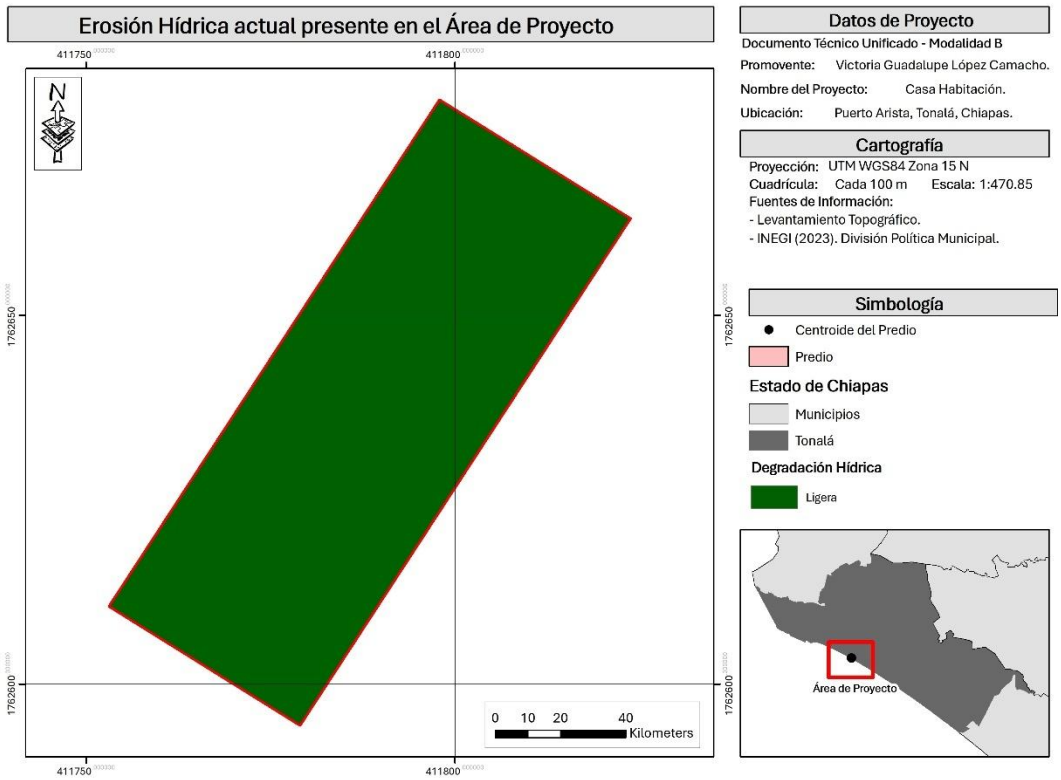


Figura 6. Clases de grado de erosión hídrica actual en el CUSTF.

- ***EROSIÓN ACTUAL REAL***

La **Erosión Real** se define como aquella que se presenta en una superficie delimitada y se expresa en Ton/Año. Si se desea conocer la Erosión Hídrica Real del área, se debe multiplicar el valor de la EH_{POT} por la superficie de cada polígono, el resultado refleja la Erosión Hídrica Actual presente, lo anterior es conocido también como **Erosión Hídrica Real Actual (EH_{REAL})**, pues se puede inferir que es lo que se erosiona en el área al año. Esto se realizó en la superficie del área de CUSTF; obteniendo la corrección, donde la Erosión Hídrica Real Actual es de **0.4566 Ton/Año.**

Nota: *La memoria de cálculo (en formato Excel) de la Erosión Hídrica, se adjunta de forma digital en una USB al presente documento.*

4.2.3.2.1.1.2. Posterior al CUSTF

- ***EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL***

Como se observa en la Tabla 9, tras la ejecución del CUSTF, en el 100.00% del área de CUSTF se presentaría una Erosión Ligera, es decir de menor a 12 Ton/Ha/Año. Lo anterior se ilustra en la Figura 7:

Clase de Degradación	Valor de la Erosión Hídrica	Superficie (Ha)	Porcentaje
Ligera	Menor de 12 ton/año	0.2501	100.00

Clase de Degradación	Valor de la Erosión Hídrica	Superficie (Ha)	Porcentaje
Moderada	De 12 a 50 ton/año	0.0000	0.00
Alta	De 50 a 200 ton/año	0.0000	0.00
Muy Alta	Mayor de 200 ton/año	0.0000	0.00
Sin información	----------	0.0000	0.00
TOTAL		**0.2345**	**100.00**

Tabla 9. Clase de degradación potencial hídrica posterior al CUSTF.

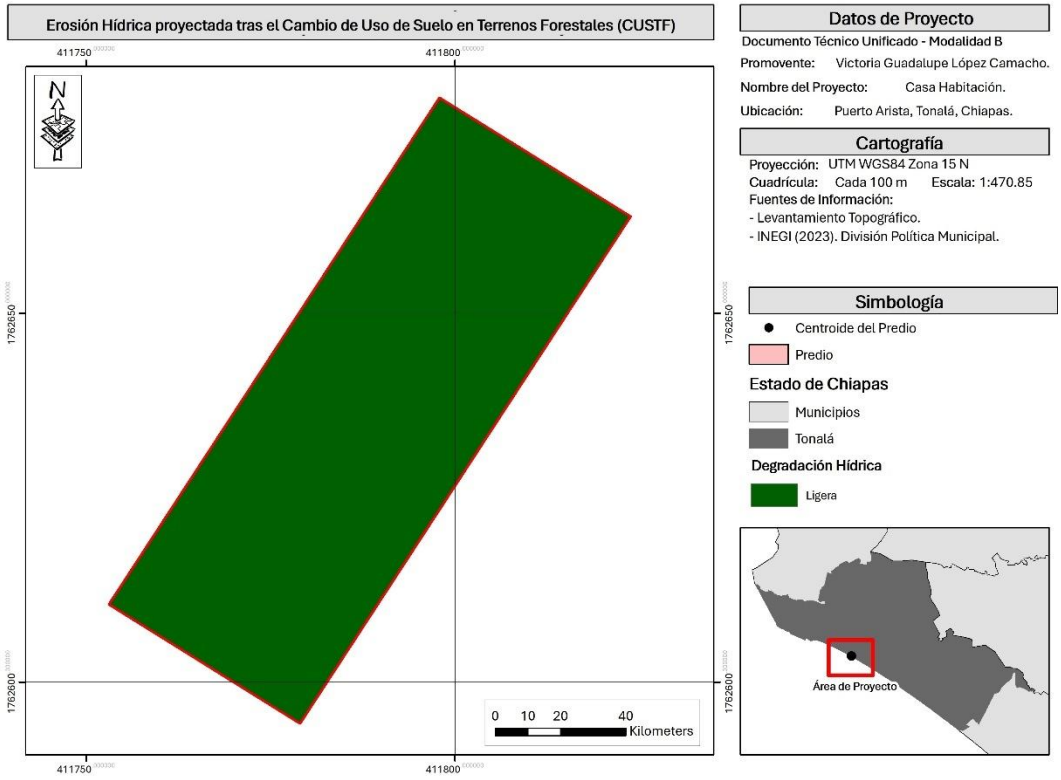


Figura 7. Clases de grado de erosión hídrica posterior al CUSTF.

- ***EROSIÓN ACTUAL REAL***

Considerando el área de CUSTF, se obtuvo que la Erosión Hídrica Real tras la remoción de la vegetación será de **1.6551 Ton/Año.**

Nota: *La memoria de cálculo (en formato Excel) de la Erosión Hídrica, se adjunta de forma digital en una USB al presente documento.*

4.2.3.2.2. Erosión Eólica

Se estimo la Erosión Eólica del suelo usando la metodología propuesta por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE, 1998). Para determinar si una zona o región es propensa a la degradación eólica, con base en el Periodo de Crecimiento (PECRE) es posible estimar el parámetro de índice de agresividad del viento (IAVE). Si el valor de este es mayor a

20, se considera que el área de estudio presenta condiciones favorables para el desarrollo de erosión laminar eólica (Cano *et al.* 2007; Pérez, 2020).

El análisis IAVIE, que evalúa la velocidad del viento, cobertura vegetal y las características del suelo, para el SA, y por lo tanto para el área del proyecto, arroja un valor de -31.38. El valor negativo obtenido sugiere que actualmente no existen las condiciones necesarias para que este tipo de erosión se manifieste de manera significativa.

Por lo anterior, se tiene que dentro del Sistema Ambiental (SA) y el área del proyecto, **no** se identifica la presencia de erosión laminar eólica activa.

4.2.3.2.3. Tipos y grados de erosión presentes y causas que la originan

La **erosión** es un proceso geológico de desgaste natural de suelos, rocas y minerales expuestos en la superficie terrestre que requiere cientos o miles de años para transformar el relieve y es un factor que favorece los deslizamientos, los derrumbes y hundimientos (García, *et. al.*, 1995; García y Domínguez, 1998). La erosión del suelo es un fenómeno ampliamente generalizado en nuestro país, sobre todo en aquellas áreas donde la actividad agrícola es preponderante. El cambio del uso del suelo provoca un incremento en los procesos erosivos, sobre todo si no se implementan medidas de control para la conservación del suelo y la reforestación.

A escala nacional, la erosión hídrica y eólica del suelo constituye un proceso de degradación ampliamente distribuido, con mayor incidencia en regiones sometidas a sistemas de producción agropecuaria intensiva. La modificación del uso del suelo (particularmente la transformación de coberturas forestales a superficies agrícolas) genera un incremento sustancial en la tasa de pérdida de suelo, al alterar las propiedades físicas, químicas y biológicas del horizonte superficial. Este fenómeno se agrava en contextos donde no se implementan medidas integrales de manejo y conservación edáfica, tales como prácticas de reforestación, establecimiento de barreras vivas, terrazas de conservación, obras de retención de escorrentía y esquemas de manejo sostenible del territorio.

Con base en el Atlas de Riesgos del Estado de Chiapas (2016), el SA y el área del Proyecto se encuentran dentro de la zona costera mexicana del Océano Pacífico se encuentra expuesta a la mayoría de los peligros naturales que afectan las costas de todo el mundo, lo cual implica un riesgo para aquellas poblaciones asentadas a lo largo de dicho litoral.

La erosión en la Planicie Costera se ve favorecida por la deforestación de vegetación natural para la creación de cultivos de maíz y algunas plantaciones de plátano y coco, pero que son abandonados para dar paso a la ganadería implementado para esto los pastos inducidos, lo que ha favorecido la susceptibilidad a la erosión en los Municipios de Arriaga, Tonalá, Pijijiapan, Mapastepec, Acapetahua, Acacoyagua y Pueblo Nuevo Solistahuacán.

Asimismo, se identifica erosión de origen antrópico derivada de cambios de uso del suelo, expansión de la frontera agrícola y eliminación de la cobertura forestal, factores que intensifican la dinámica erosiva natural. Estas perturbaciones, en interacción a una intensa explotación de los recursos maderables (deforestación, aprovechamiento de manglares), posteriormente la disposición del área para cultivos agrícolas y frutícolas, incremento de la actividad ganadera y finalmente abandono de las tierras, posiblemente debido a la baja producción agrícola, ya que en esta zona es notoria una temporada de secas que producen los vientos húmedos del Norte, además de la constitución litológica, producto de la erosión de la Sierra Madre del Sur de Chiapas, que consiste en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, que determinan la acumulación de suelos arenosos y poco fértiles.

La actividad ganadera ha provocado la compactación del suelo y elimina la cubierta vegetal, que favorece la erosión hídrica laminar que combinada con los fenómenos hidrometeorológicos (huracanes, ciclones y lluvias de temporada), hacen que los ríos y arroyos descienden bruscamente de la escarpada sierra, con una alta energía y erosionan con facilidad los bordes de sus cauces, al transportar una gran carga de sedimentos con bloques de hasta 1 m de diámetro. De acuerdo con las condiciones de oleaje, la línea de la Costa de Chiapas está en general en equilibrio pues los ciclos anuales de las playas se mantienen y la erosión – depósito ocurren, pero las playas se mantienen en su posición y con las mismas características.

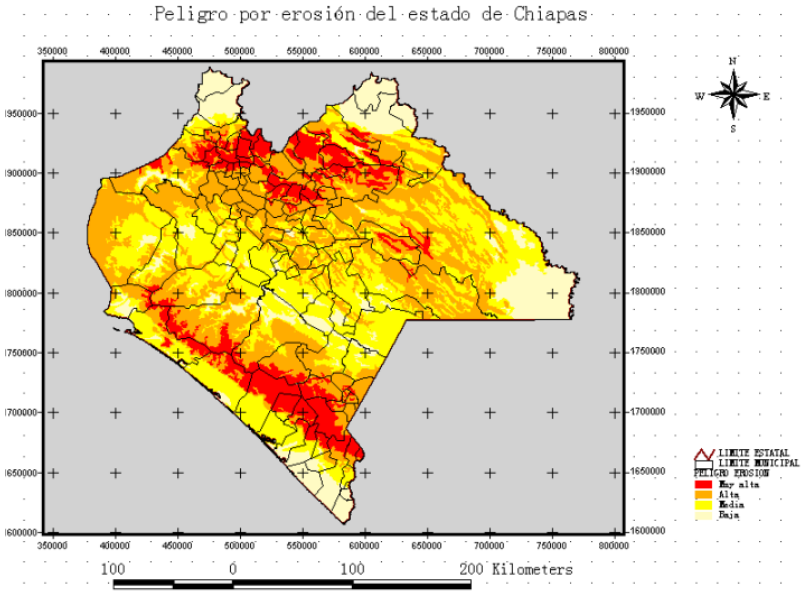


Figura 8. Peligro de erosión en el estado de Chiapas.

En relación con la tipología de erosión identificada en el área de estudio, y conforme a los resultados obtenidos mediante las metodologías descritas detalladamente en el Capítulo 7, se presenta lo siguiente:

- *Erosión Laminar Hídrica*

En el SA, el **79.87**% presenta Erosión Ligera es decir menor a 12 Ton/Ha/Año; el **3.58**% es Erosión Moderada (De 12 a 50 Ton/Ha/Año) y el **2.22**% es Alta (De 50 a 100 Ton/Ha/Año).

En cuanto al área del Proyecto, con las condiciones actuales, se presenta erosión hídrica catalogada como Ligera (Menor a 12 Ton/Ha/Año), clasificación que continua tras la ejecución del CUSTF y la remoción de la cobertura vegetal.

4.1.4. Geología

4.1.4.1. Unidades geológicas

Con base en la Carta Geológica de la República Mexicana del SGM (2015), se determinó que la clase de roca presentes en el SA corresponden a formaciones litológicas de Holoceno y rocas **Sedimentarias**, como se detalla en la Tabla 10 y se observa en la Figura 9. De manera similar, el proyecto se ubica dentro de la unidad con clave Qholi, con rocas sedimentarias.

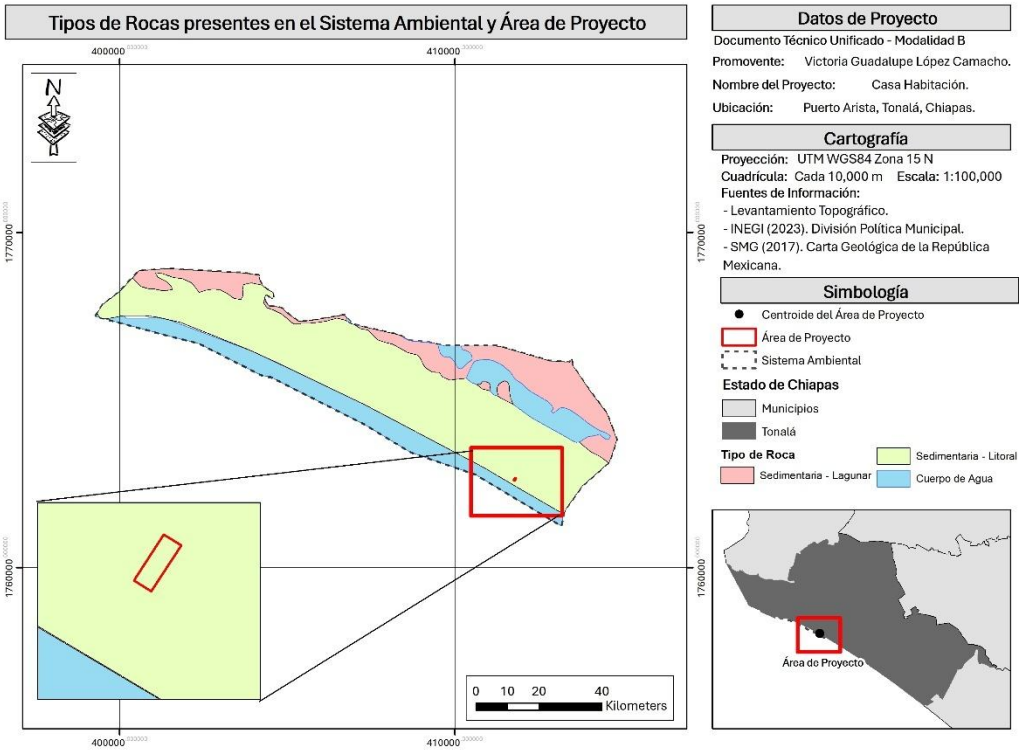


Figura 9. Unidades litológicas.

Clave	Litología	Edafología	Tipo de Roca	Superficie	
				Ha	%
H_2O	N/A	Cuerpo de agua	N/A	970.9509	21.99
Qholg	Holoceno	Lagunar	Sedimentaria	816.9550	18.50
Qholi	Holoceno	Litoral	Sedimentaria	3,627.1911	59.50
		Total		**4,415.0970**	**100.00**

Tabla 10. Superficie de unidades litológicas.

Las **rocas sedimentarias**, como su nombre lo indica, envuelven la acumulación de sedimentos, derivado del efecto de meteorización (desintegración y descomposición de rocas) que permite que partículas sean transportadas y depositadas a causa de agentes externos de erosión (agua, viento, hielo, cambios de temperatura).

4.1.4.2. Origen geomorfológico del suelo

A la geomorfología le corresponde el estudio del relieve de la Tierra, que incluye las formas y estructuras de todas las dimensiones, desde continentes y cuencas oceánicas a estrías y alveolos (Lugo, 2011).

La geomorfología de la región en donde se ubica el SA es bastante joven en términos de tiempo geológico, al considerarse un suelo que emerge durante el período cuaternario, la formación geológica principal de los depósitos superficiales de la zona.

La deposición geológica es horizontal, los depósitos son principalmente de origen marino originados por la elevación del piso marino.

4.1.4.3. Fisiografía

Para la descripción del relieve general de la República Mexicana, esta se divide en diversas regiones con características similares, donde el relieve es el resultado de la acción de un mismo conjunto de agentes modeladores del terreno. Así se definieron las Provincias Fisiográficas, que son regiones que presentan un origen geológico unitario sobre la mayor parte de su área, así como una morfología y litología propias y distintivas. México se divide en un total de 15 Provincias.

De conformidad con las Provincias Fisiográficas del INEGI (2001a), el SA y el área del Proyecto inciden dentro de la **"Cordillera Centroamericana"**, como se observa en la Figura 10, que se define como una cadena montañosa formada por un antiguo batolito cuya edad varía del Paleozoico inferior al medio, con elevaciones de 900 a 2,900 msnm, predominando en su mayoría las rocas ígneas.

En cuanto a las Subprovincias Fisiográficas, de acuerdo con el INEGI (2001b), el SA y en área del Proyecto se ubican dentro de la Subprovincias **"Llanura Costera de Chiapas y Guatemala"** que cuenta con una alta diversidad de topoformas, como lo son las sierras, llanuras, mesetas, lomeríos, valles y cañones. En esta región se destacan elevaciones que van desde los 0-500 msnm, y el suelo se caracteriza por ser profundo y salitroso conforme su cercanía al mar (Figura 11).

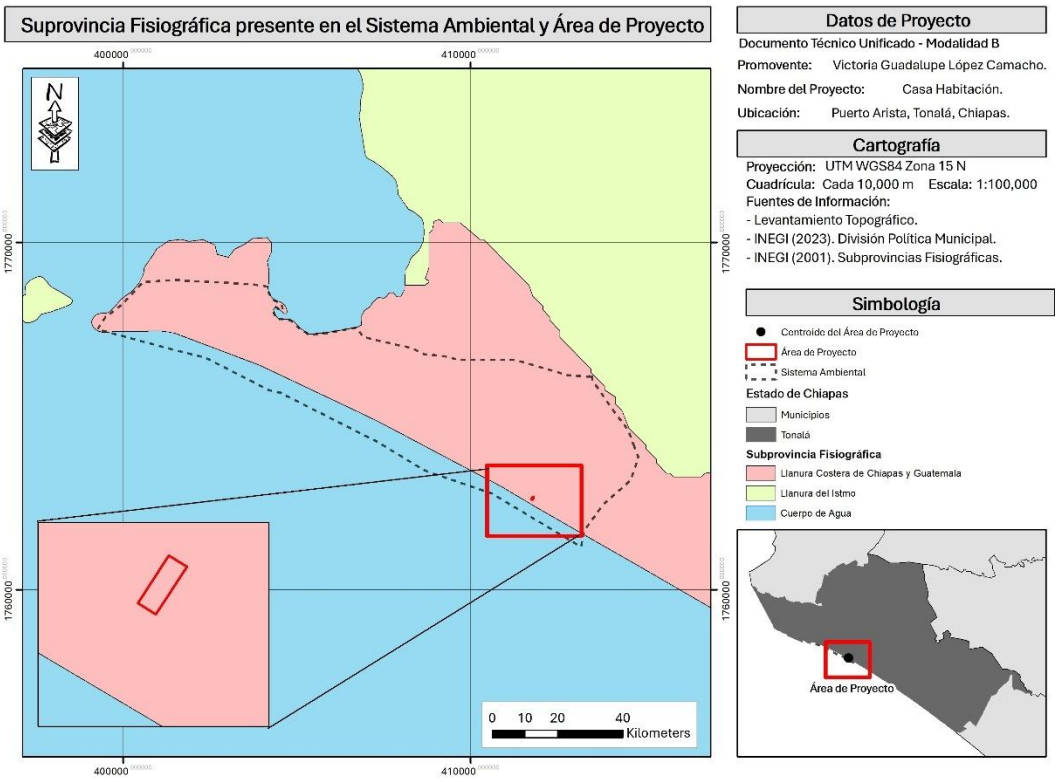


Figura 10. Provincias fisiográficas.

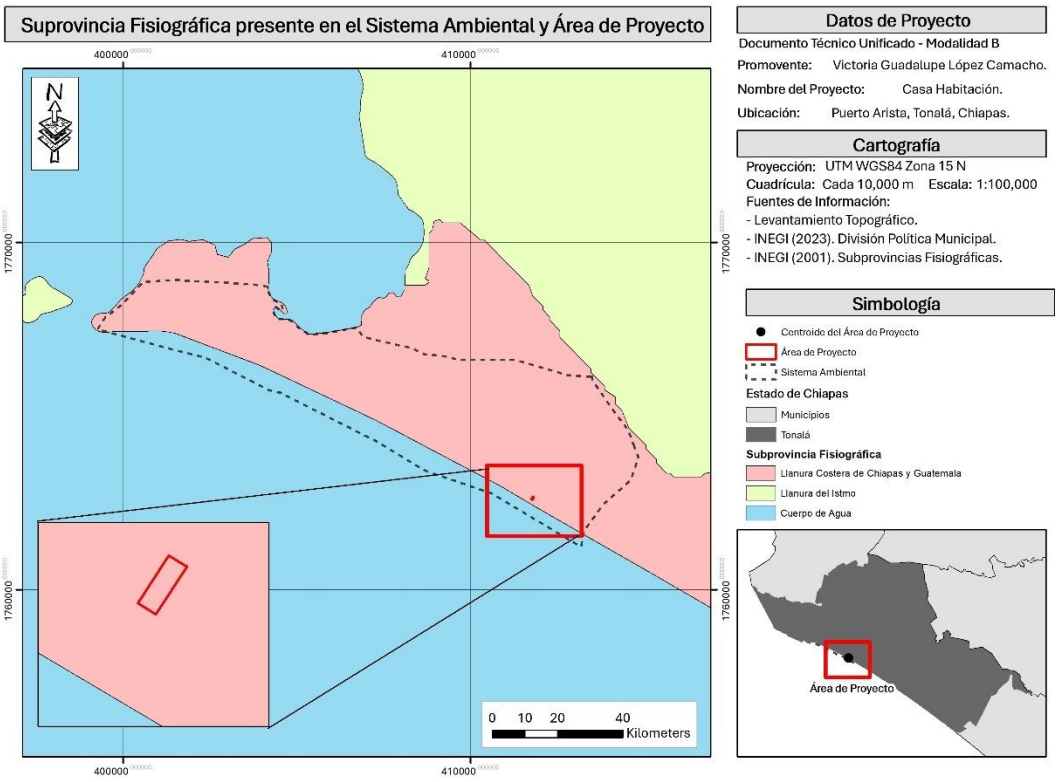


Figura 11. Subprovincias fisiográficas.

En lo que respecta a las topoformas dentro del SA y el área de Proyecto, de conformidad con el INEGI (2001c), inciden sobre un sistema de **Llanura Costera Inundable y Salina**, como se muestra en la Figura 12.

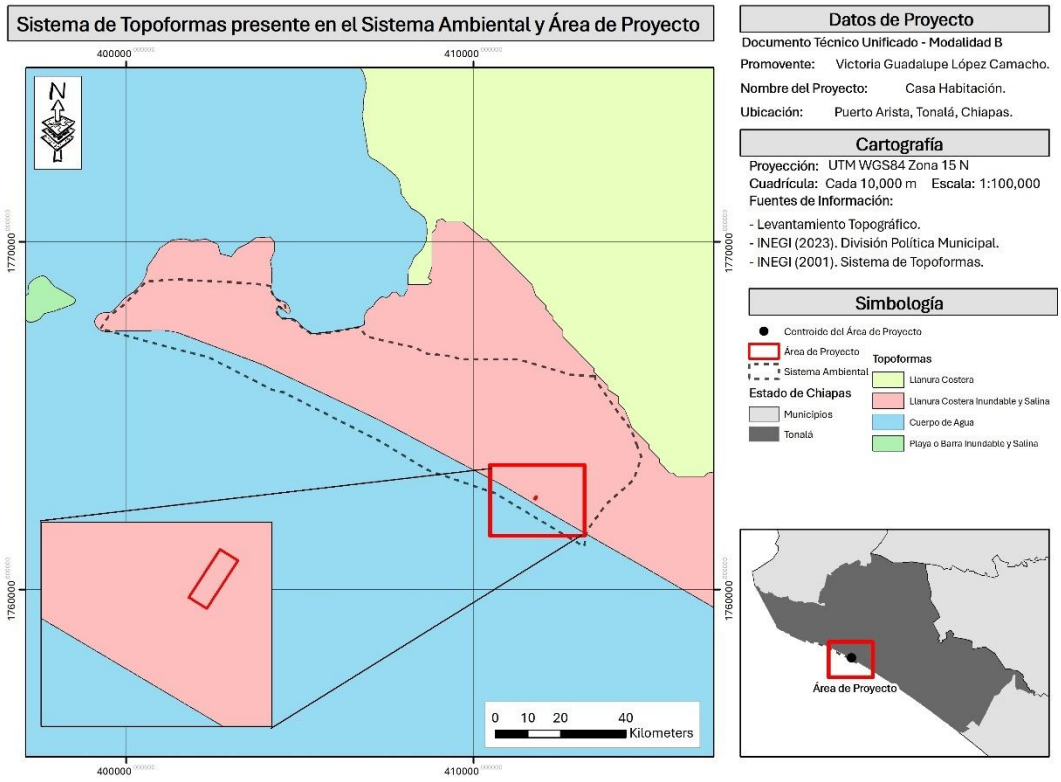


Figura 12. Sistemas de topoformas.

Dicha topoforma se refiere a las áreas continues de la superficie terrestre relativamente plana, a veces suavemente quebrada y ondulada, pero sin elevaciones o depresiones prominentes, de las costas y playas, que se anega temporalmente. Está compuesta principalmente por formaciones recientes con materiales acumulados y formados en los lagos (lacustres) y litoral.

4.1.4.4. Fenómenos geológicos

Con el fin de conocer la susceptibilidad del sitio del Proyecto a sismos, se consultaron los datos de Regionalización Sísmica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en donde dividen al territorio mexicano cuatro zonas, dentro de las cuales existen sitios en los que los sismos son más frecuentes y de superior magnitud. Dichas zonas indican la intensidad de las actividades sísmicas, desde Bajo en la Zona A, hasta Muy Alta en la Zona D (Figura 16).

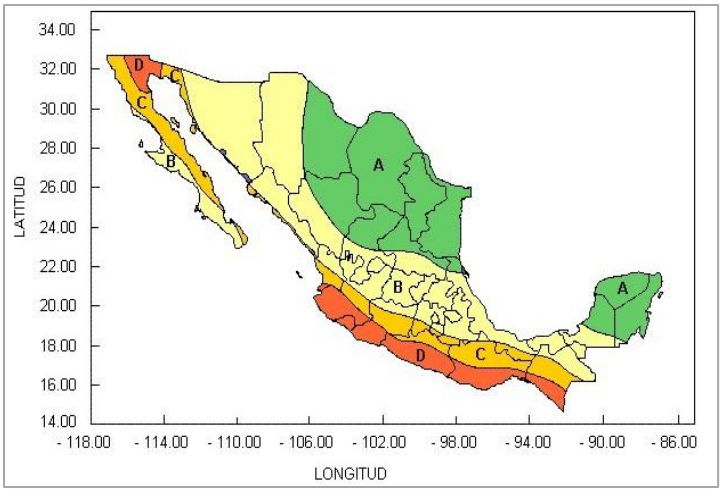


Figura 13. Regionalización Sísmica de la República Mexicana.
Zona A: Baja Sismicidad; Zona B: Media Intensidad; Zona C: Alta Intensidad; Zona D: Muy Alta Intensidad.

De esta manera, el SA y área del proyecto se localizan sobre la **Zona D**, que presenta un peligro **Muy Alta Intensidad** (Figura 14). Esta región se caracteriza por ser una zona de alto riesgo, en donde se registran sismos frecuentemente, presentando una aceleración del terreno mayor al 70% de la gravedad.

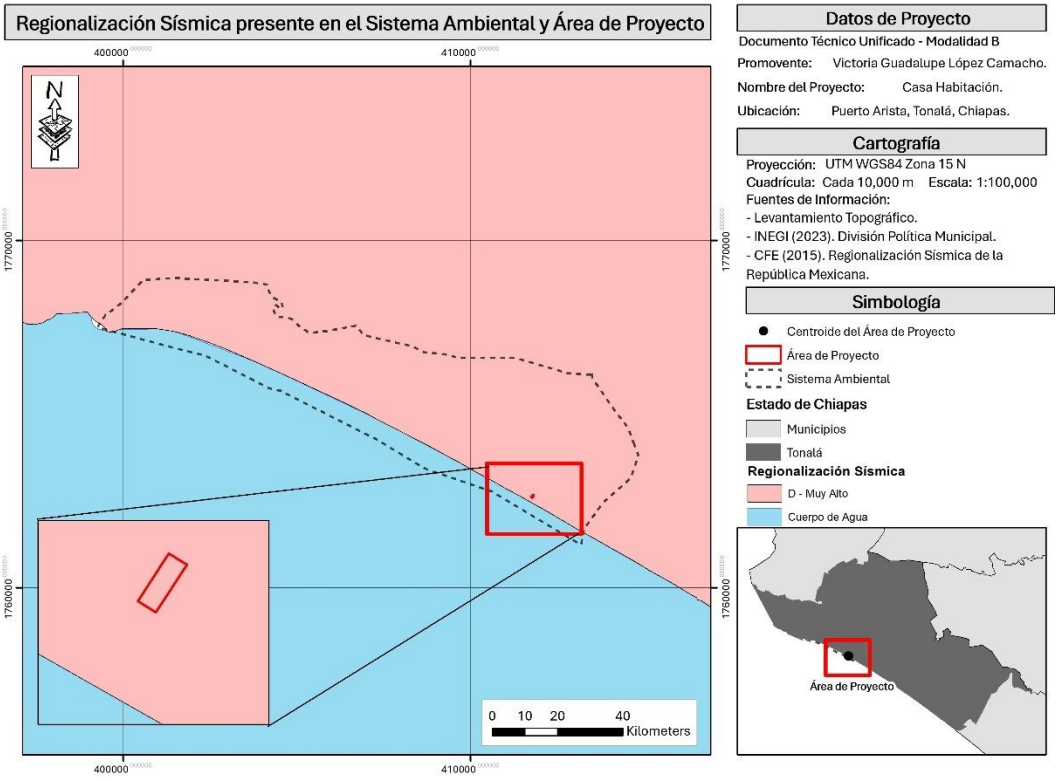


Figura 14. Peligro sísmico.

4.1.4.5. Características hidrogeológicas

Administrativamente, los acuíferos del Estado de Chiapas se encuentran en la **Región XI Frontera Sur**, en el Sureste de la República Mexicana, que ocupa tanto a Chiapas como a Tabasco, tres Municipios de Oaxaca (San Pedro Tapanatepec, Chahuites y San Francisco Ixhuatán) y el Municipio de Palizada en Campeche. Cuenta con abundantes recursos naturales y una compleja orografía que ha dificultado a través del tiempo su integración al desarrollo del resto del país.

El SA y el área del Proyecto se encuentran dentro del Acuífero **Arriaga-Pijijiapan**, como se ve en la Figura 18. Este acuífero se localiza en la parte costa del estado de Chiapas, y cubre una superficie aproximada de 3,644 km^2, de los cuales 1,919.913 km^2 corresponden al área de recarga y 1,724.08 km^2 a la zona del acuífero; y es clasificado como zona de disponibilidad.

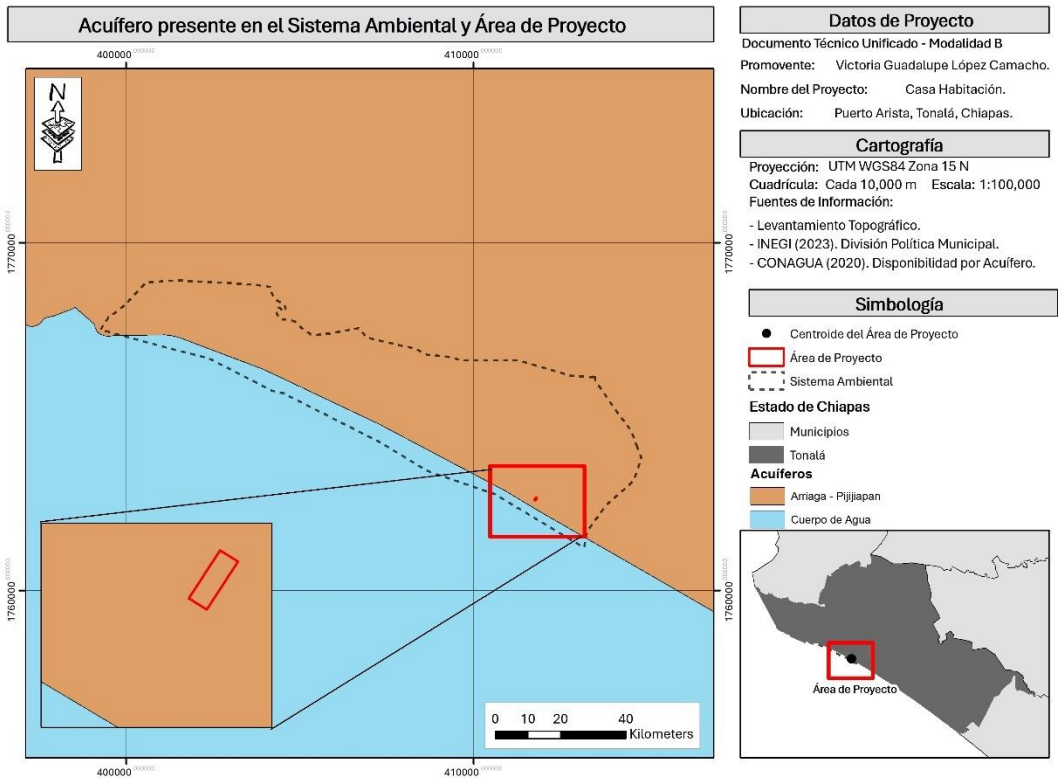


Figura 15. Acuíferos en los que incide el SA y el área del proyecto.

En lo que respecta a la hidrogeología, el Continuo Nacional de Aguas Subterráneas, Escala 1:250 000, Serie II del INEGI (2002), el SA se encuentra sobre **tres** unidades hidrológicas, como se detalla en la Tabla 11 y se observa en la Figura 16. En lo que respecta al área del Proyecto, este se encuentra sobre formaciones hidrológicas de **Material no consolidado con posibilidades medias**.

Unidades hidrogeológicas	Superficie	
	Ha	%
Cuerpos de agua perenne	944.763	22.27
Material no consolidado con posibilidades medias	3469.701	78.59
Material no consolidado con rendimiento medio 10-40 lps	0.633	0.014
Total	4,415.097	100

Tabla 11. Superficie de unidades hidrogeológicas.

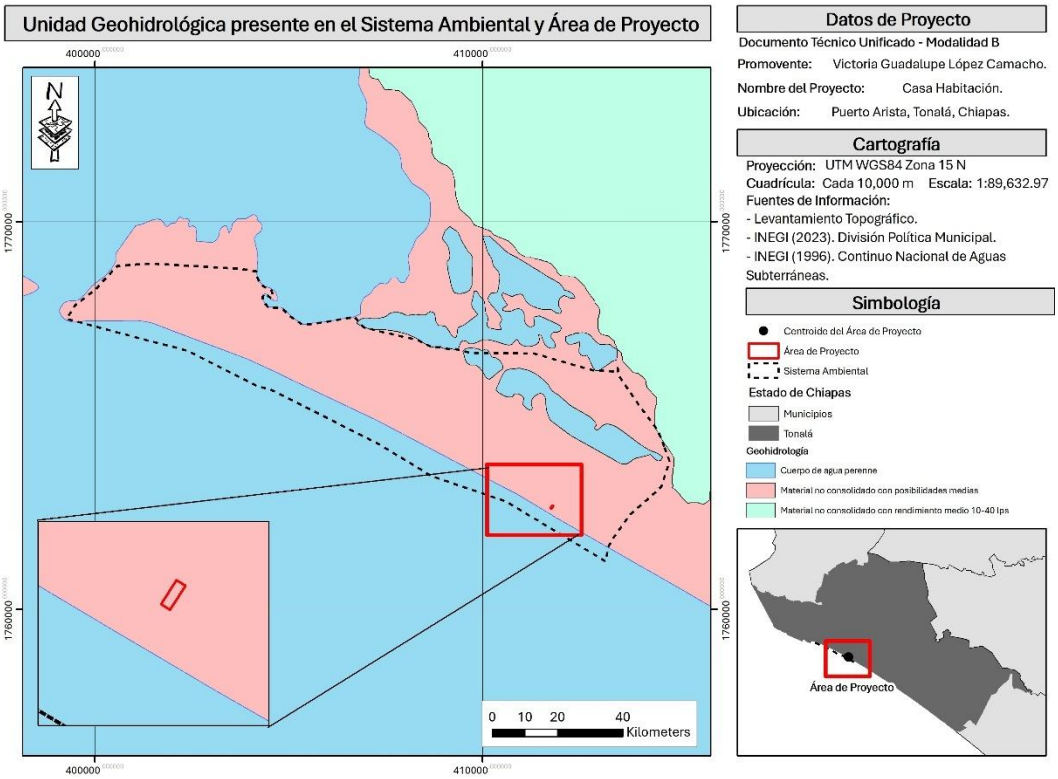


Figura 16. Hidrogeología del SA y del proyecto.

- *Material no consolidado*: Formado por material disgregable, suelto y no cementado
- *Posibilidades me*dias: presenta condiciones de permeabilidad y transmisibilidad favorables, que permiten inferir la posible existencia de agua
- *Rendimiento medio 10-40 lps*: Rendimiento para extraer mayor o menor cantidad de agua del subsuelo.

Los materiales no consolidados incluyen gravas, arenas, limos, arcillas, etc., es decir materiales suelos no cementados que, aunque puedan presentar compactación y mostrar cierto grado de coherencia son deleznables. A su vez, se constituye por conglomerados polimictitos empaquetados en matriz arenosa, ocasionalmente con arcilla y cementados por carbonatos en diferente grado de cementación. Otras unidades de esta permeabilidad son los sedimentos finos, arcillosos-arenosos que forman los lechos de las zonas lagunares.

Tanto el agua superficial como la subterránea no serán impactadas con la ejecución del Proyecto, ya que las actividades de las que se compone no representan un riesgo directo para los cuerpos de agua, considerando que, en un esfuerzo para controlar y evitar el impacto que pudiera presentarse, se aplicarán estrategias para evitar la contaminación, mediante la verificación y mantenimiento de los vehículos que trabajarán en la obra, la construcción de baños para el centro de convenciones y eventos, además de la construcción de obras de conservación de aguas.

4.1.4.5.1. Estimación de la infiltración

4.1.4.5.1.1. Sistema Ambiental

Para estimar la tasa de infiltración en el área de estudio, se utilizó la metodología indicada en el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Chiapas (SEMAHN, 2012). Es importante indicar el proceso metodológico se aborda a detalle en el Capítulo 7 del presente DTU-B, por lo tanto, que a continuación, únicamente se presentan los resultados obtenidos,

El SA, recibe en promedio anualmente 68,35,531.7540 m^3 (100.00%) de agua por medio de la precipitación, de la cual 11,495,889.0416 m^3 (16.82%) se pierden en los escurrimientos superficiales; 6,122,638.4969 m^3 (8.96%) regresan a la atmósfera por evapotranspiración y 50,736,004.2155 m^3 (68.20%) se infiltran contribuyendo a la recarga de acuíferos.

4.1.4.5.1.2. Área del Proyecto

4.1.4.5.1.2.1. Previo al CUSTF

El área de CUSTF recibe en promedio anualmente 3,872.0482 m^3 (100%) de agua por medio de la precipitación, de la cual 835.5260 m^3 (21.58 %) se pierden en los escurrimientos superficiales; 346.8263 m^3 (8.96%) regresan a la atmósfera por evapotranspiración y 2,689.6958 m^3 (69.46%) se infiltran contribuyendo a la recarga de acuíferos.

4.1.4.5.1.2.2. Posterior al CUSTF

Tras la ejecución del CUSTF, se recibirá en promedio anualmente 3,872.0482 m^3 (100%) de agua por medio de la precipitación, de la cual 937.4203 m^3 (24.21 %) se pierden en los escurrimientos superficiales; 346.8263 m^3 (8.96%) regresan a la atmósfera por evapotranspiración y 2,587.8016 m^3 (69.46%) se infiltran contribuyendo a la recarga de acuíferos.

Esto denota un déficit de 101.8942 m^3.

4.1.4.5.2. Calidad del agua

En relación a la calidad del agua, a fin de presentar valores cuantitativos sobre la situación del agua el SA, se consultaron los datos de los indicadores de la calidad del agua superficial

de la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua operada por la Gerencia de Calidad del Agua de la CONAGUA, utilizados para determinar cómo se encuentran los cuerpos y corrientes de agua nacionales.

Los indicadores considerados para agua superficial son los siguientes:

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días** (DBO_5): Mide la cantidad de oxígeno necesario o consumido para la descomposición microbiológica (oxidación) de la materia orgánica en el agua. Se define como la cantidad total de Oxígeno requerido por los microorganismos para oxidar la materia orgánica descompuesta.

- **Demanda Química de Oxígeno** (DQO): La medida del Oxígeno consumido por la oxidación de la materia orgánica e inorgánica en una prueba específica. Su determinación permite medir en un residuo la cantidad total de Oxígeno que se requiere para la oxidación de la materia orgánica a Dióxido de Carbono y agua.

- **Sólidos Suspendidos Totales** (SST): Los sólidos estiman la cantidad de materia sólida, suspendida o disuelta (residuo filtrable), presente en el agua, entre la que se encuentra la materia flotante, coloidal y en solución. Indica la cantidad de residuo retenido en un filtro de fibra de vidrio con tamaño de poro nominal de un micrón y hace referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial.

- **Coliformes fecales** (CF): Parámetro indicador de contaminación fecal en los cuerpos de agua. Si bien las bacterias coliformes no suelen causar enfermedades, se emplean como indicador de la calidad del agua porque su presencia se relaciona con la de varios patógenos, más difíciles de detectar, como son Salmonella, Shigella y Vibrio, causantes de gastroenteritis, disentería, tifoidea y cólera, así como de virus, excretados por los portadores de la enfermedad.

- ***Escherichia coli*** (E_COLI): Funciona como indicador de contaminación fecal y posible presencia de patógenos más específico, dado que otras coliformes pueden tener un origen no fecal y existir en aguas naturales no contaminadas.

- **Enterococos fecales** (ENTEROC_FEC): Similar a los dos parámetros previos, los enterococos funcionan como indicador de contaminación fecal en agua de mar. No obstante, como con los coliformes, algunos enterococos que pueden identificarse en aguas pueden proceder de otros hábitats, no necesariamente de origen contaminante.

- **Porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto** (OD%): Cantidad efectiva de Oxígeno gaseoso (O_2) en el agua, expresada en términos de su proporción en el agua saturada (porcentaje). Este parámetro es un indicador de la capacidad de un cuerpo para mantener la vida acuática.

- **Toxicidad aguda** (TOX): Indicador que permite evaluar el efecto tóxico integral en una muestra de agua de la que no se conocen los diversos elementos, sustancias o sus mezclas presentes y que son capaces de provocar efectos adversos en los seres vivos. Para su determinación, la CONAGUA emplea dos organismos de prueba: la bacteria *Vibrio fischeri* y el cladócero *Daphnia magna*, mediante métodos estandarizados.

Para la determinación sobre la clasificación de la calidad de un determinado sitio, se utiliza un semáforo de calidad del agua basado en intervalos de concentración de cada parámetro indicador en una escala de color, con verde representando una mejor calidad, amarillo una calidad intermedia y rojo mala calidad (Figura 17).

Indicador	No cumple	Cumple
DBO	Rojo	Verde
DQO	Rojo	Verde
TOX	Rojo	Verde
ENTEROC	Rojo	Verde
E_COLI	Amarillo	Verde
CF	Amarillo	Verde
SST	Amarillo	Verde
OD%	Amarillo	Verde

Figura 17. Semáforo de calidad del agua.

Si los resultados de calidad indican incumplimiento en uno más de los primeros 4 indicadores (DBO, DQO, TOX, ENTEROC), el sitio se pinta de rojo. Si los resultados de calidad de agua indican incumplimiento en unos o más de los siguiente 4 indicadores (E_COLI, CF, SST, OD%) el sitio se pinta de amarillo. En caso de cumplir con todos los indicadores, el semáforo se pone en verde.

Consultando los datos geográficos de los indicadores de calidad del agua superficial a nivel nacional, se identificó dos puntos de muestreo dentro del SA, siendo el OCFSU3019 y OCFSU3020. Las características de los sitios de muestreo se presentan en la siguiente tabla:

Clave de sitio	Sitio	Municipio	Cuerpo de agua	Tipo	Coordenadas Geográficas	
					Longitud	Latitud
OCFSU3019	Puerto Arista	Tonalá	Océano pacífico	Costero (Humedal)	-93.851478	15.953019
OCFSU3020	Puerto Arista	Tonalá	Océano pacífico	Costero (Humedal)	-93.846308	15.950333

Tabla 12. Características del sitio de muestreo de calidad de agua superficiales de la CONAGUA.

A continuación, en la siguiente tabla se presentan los valores del periodo de 2012 a 2024, de los indicadores de los sitios de monitoreo previamente mencionados, así como el color de semáforo aplicable:

Clave de Sitio: OCFSU3019																
DBO		DQO		SST		Coliformes Fecales		E. coli		OD		TOX F		TOX V		Semáforo
mg/L	Cal.	mg/L	Cal.	mg/L	Cal.	NMP 100mL	Cal.	NMP 100mL	Cal.	PORC	Cal.	UT	Cal.	15_UT	Cal.	
--	--	--	--	52	B.	17.69	E.	3.2895	E.	75	E.	2.01	T. M.	1.88	T.M..	VERDE
TOX D= Toxicidad Daphnia magna, 48 horas; TOX V= Toxicidad Vibrio fischeri, 15 minutos; SST= Solidos Suspendidos Totales; UT= Unidades de Toxicidad; OD= Oxígeno Disuelto; Cal.= Calidad del parámetro; FC= Fuertemente contaminada; N. T.= No tóxico; T. B.= Toxicidad Baja; T.M.= Toxicidad Moderada; B.= Calidad Buena; A= Calidad Aceptable; E= Calidad Excelente, E. coli: Escherichia coli																

Tabla 13. Calidad de agua del punto de muestreo OCFSU3019.

Clave de Sitio: OCFSU3020																
DBO		DQO		SST		Coliformes Fecales		E. coli		OD		TOX F		TOX V		Semáforo
mg/L	Cal.	mg/L	Cal.	mg/L	Cal.	NMP 100mL	Cal.	NMP 100mL	Cal.	PORC	Cal.	UT	Cal.	15_UT	Cal.	
--	--	--	--	58	B.	16.39	E.	3.2030	E.	72.6	E.	<1	N. T.	<1	N.T..	VERDE
TOX D= Toxicidad Daphnia magna, 48 horas; TOX V= Toxicidad Vibrio fischeri, 15 minutos; SST= Solidos Suspendidos Totales; UT= Unidades de Toxicidad; OD= Oxígeno Disuelto; Cal.= Calidad del parámetro; FC= Fuertemente contaminada; N. T.= No tóxico; T. B.= Toxicidad Baja; T.M.= Toxicidad Moderada; B.= Calidad Buena; A= Calidad Aceptable; E= Calidad Excelente, E. coli: Escherichia coli																

Tabla 14. Calidad de agua del punto de muestreo OCFSU3020.

Con base en los resultados obtenidos, se constata que el sitio de monitoreo presenta condiciones de calidad del agua clasificadas como favorables, en concordancia con la categorización final del semáforo en color Verde. Los parámetros analizados evidencian una baja carga orgánica, niveles adecuados de oxígeno disuelto que garantizan condiciones aeróbicas estables, concentraciones moderadas de indicadores bacteriológicos de origen fecal dentro de los límites permisibles y ausencia de efectos de toxicidad aguda.

En conjunto, estos indicadores fisicoquímicos y microbiológicos reflejan un estado trófico controlado, lo que sugiere estabilidad en los procesos biogeoquímicos y ausencia de presiones antrópicas significativas dentro del sistema hidrológico.

4.1.5. Topografía

4.1.5.1. Relieve y Pendientes del Terreno

De acuerdo con el Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM) del INEGI (2013), dentro del SA, se presenta un rango altitudinal variado, iniciando con una altitud de **-1 metros sobre el nivel del mar (msnm) hasta a los 9 msnm**; mientras que, el área del Proyecto se encuentra en una zona que presenta una altitud mínima de **-1 msnm** y máxima de **1 msnm** (Figura 18).

Por su parte, de acuerdo con el Modelo de Elevaciones generado a partir de los datos Ráster del CEM 3.0 del INEGI (2013), dentro del SA se presentan zonas con relieve **Plano a casi plano con rangos de 0-2°**, hasta **Moderadamente escarpado, con inclinaciones de 0 a 17°,** como se aprecia en la Figura 19; en lo que respecta al área del Proyecto, este se encuentra en una zona **Planas a casi plano con rangos de 0-2°**, hasta **Moderadamente escarpado, con inclinaciones de 0 a 17°**.

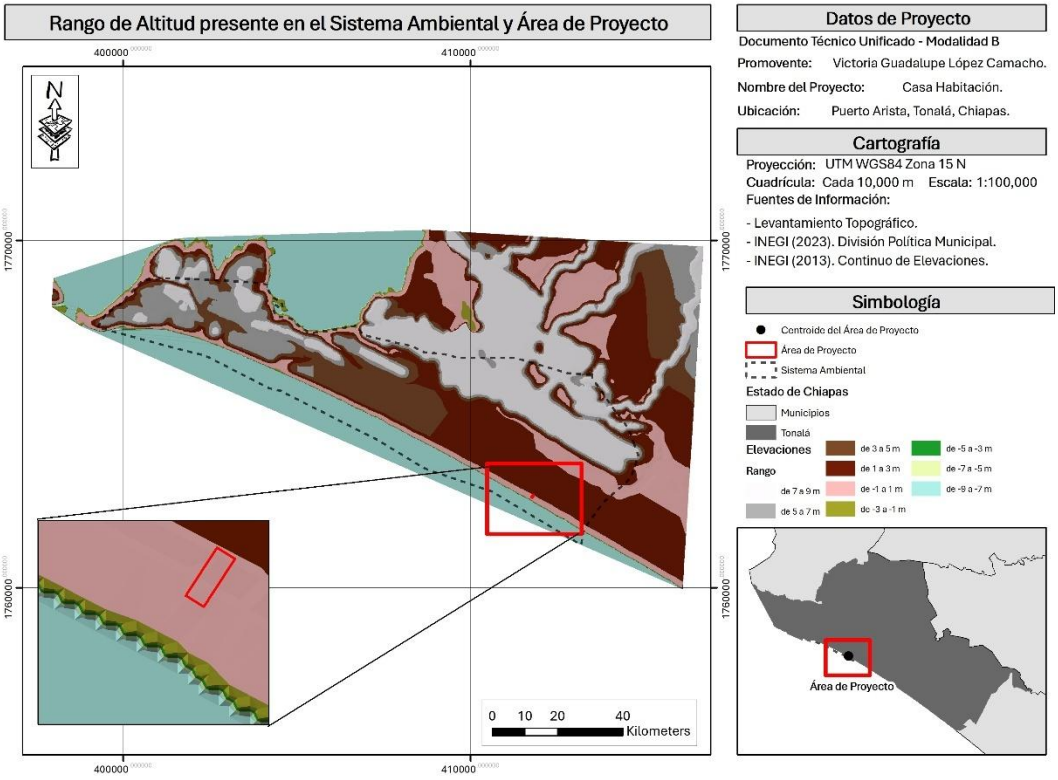


Figura 18. Altitud del terreno.

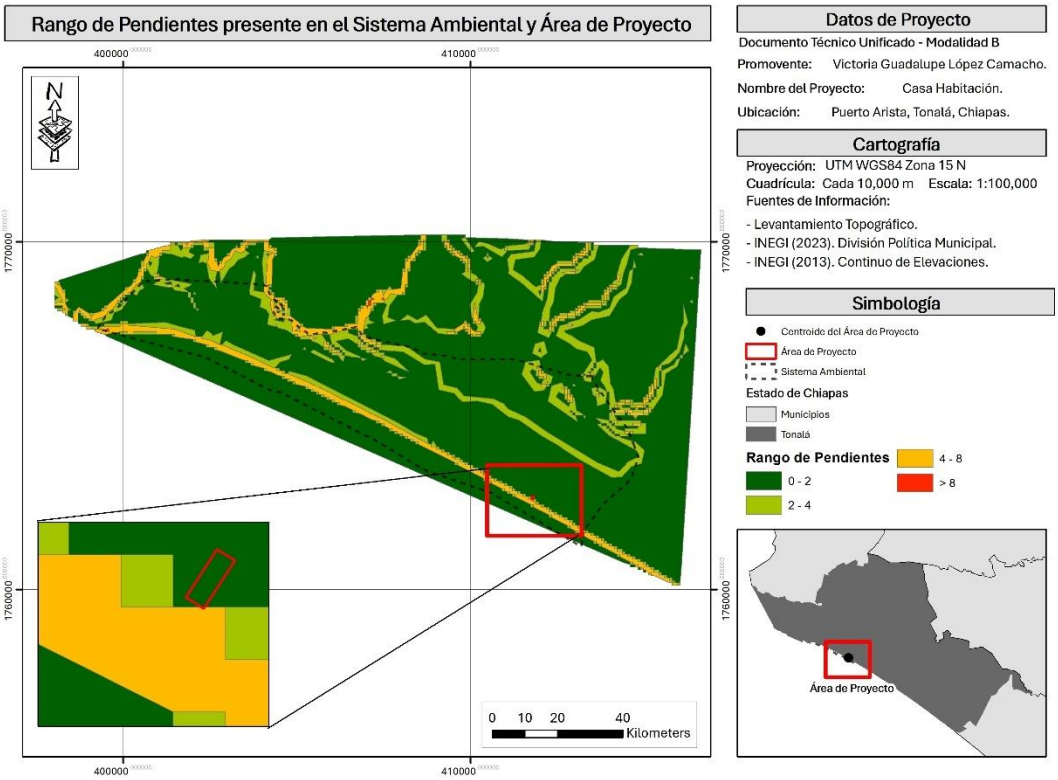


Figura 19. Pendientes del terreno.

4.1.5.2. Exposiciones del terreno

De acuerdo con el Modelo de Exposición del Terreno generado a partir de los datos Ráster del CEM 3.0 del INEGI (2013), se obtuvo una zonificación con un total de 9 categorías: **Plano, Norte, Sur, Este, Oeste, Noreste, Noroeste, Sureste** y **Suroeste**; tal y como se puede observar en lo presentado en la Figura 20. En cuanto al área del Proyecto, presenta zonas con orientaciones al **Sur.**

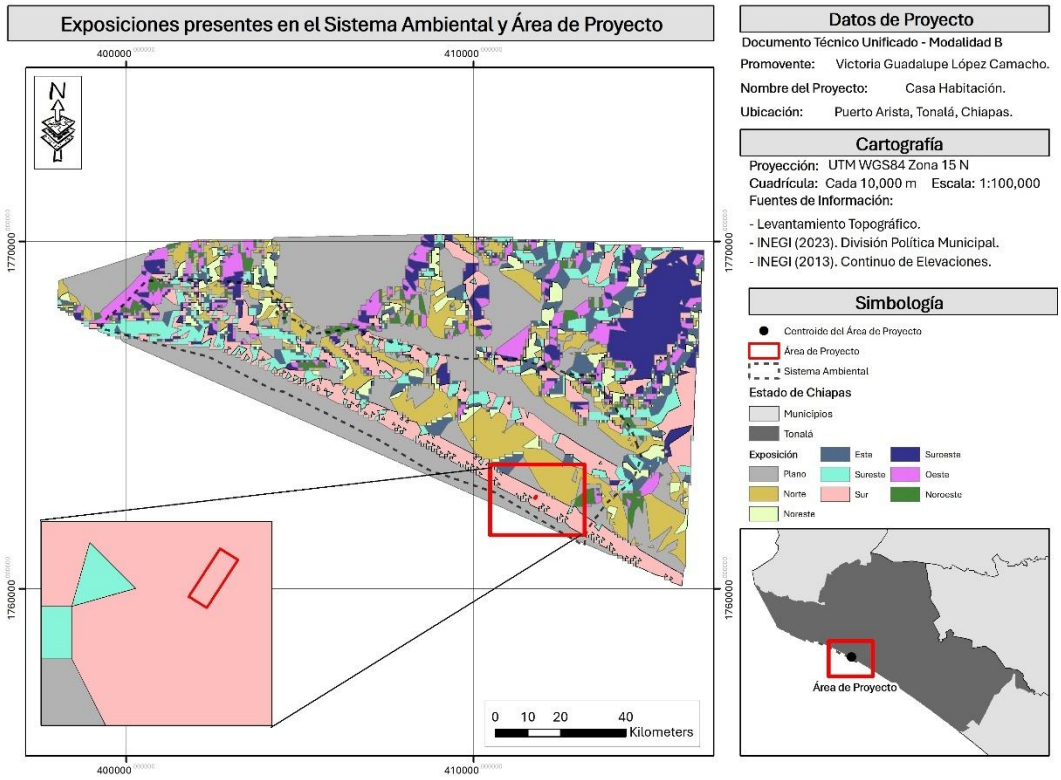


Figura 20. Exposiciones del terreno.

A partir de lo anterior, se observa que en su mayoría existe una dominancia por la exposición **Plana** a lo largo de la superficie del SA, especialmente en la zona Norte. Lo anterior, se debe a la incidencia del SA en un ecosistema costero.

4.1.6. Hidrología

Para conocer los recursos hídricos de la Microcuenca, es necesario identificar su ubicación respecto a Regiones Hidrológicas de México. Dichas regiones fueron definidas por la CONAGUA en un esfuerzo por administrar las aguas nacionales, estableciendo 37 Regiones Hidrológicas (RH).

Las mencionadas RH resguardan 731 Cuencas Hidrológicas, que se definen como "las unidades del terreno delimitadas por la división natural de las aguas debida a la conformación del relieve".

De esta manera, de acuerdo a la Red Hidrográfica 2ª Edición del INEGI (2010), a continuación, se presenta el desglose de la jerarquización hidrológica del SA y área del Proyecto en el Gráfico 4, mientras que en la Figura 21 se ilustra la regionalización hidrográfica.

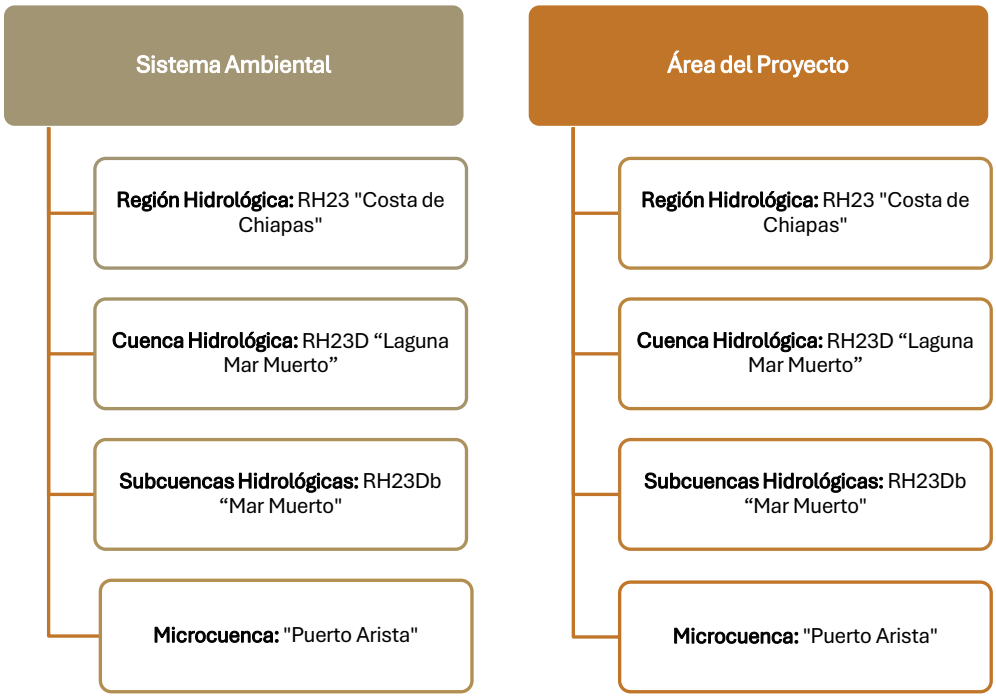


Gráfico 3. Jerarquización hidrológica del SA y del Proyecto.

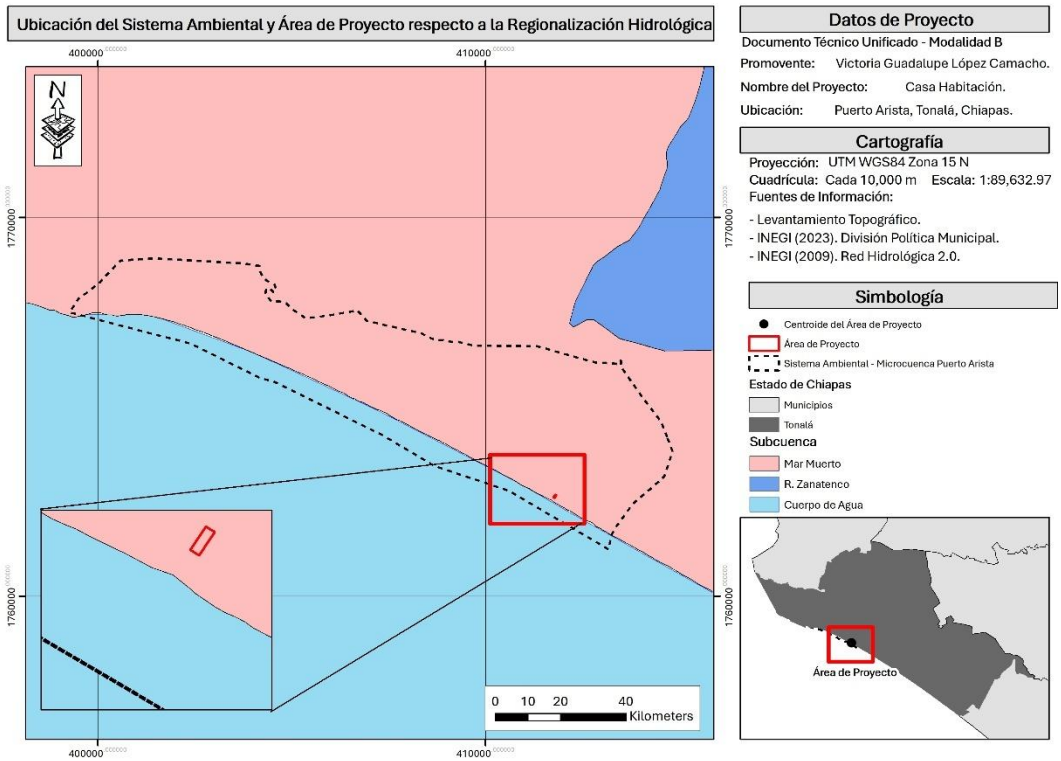


Figura 21. Jerarquización hidrológica.

4.1.6.1. Corrientes y cuerpos de agua superficiales

De acuerdo con la Red Hidrográfica 2ª Edición del INEGI (2010), dentro del SA se cuenta con una red de corrientes de tipo **intermitente**, un canal en operación, un Estero denominado "El Esterón" además, un cuerpo de agua más cercano es el Océano Pacífico, ubicado en la parte Sur (Figura 22). En cuanto al área del Proyecto, no se ubican corrientes ni intermitentes perennes, sin embargo, se encuentra el Océano Pacífico, ubicado en la parte Sur, como el cuerpo de agua más cercano.

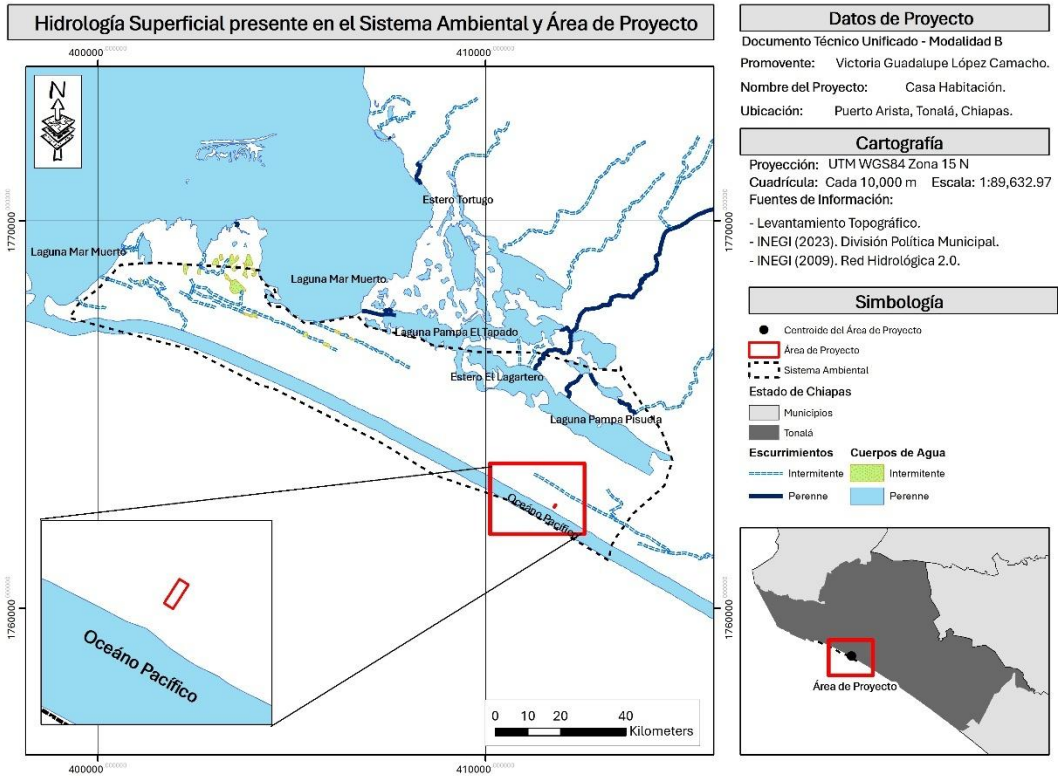


Figura 22. Hidrología superficial.

4.1.6.2. Flujos mínimos y máximos que sustentan su temporalidad

Tomando en consideración la información previamente expuesta, la corriente principal del SA es el Estero denominado **El Esterón**; mismo que presenta un orden hidrológico de nivel 3. Dichos escurrimientos tienen una longitud total de **21.1224 km** dentro del SA, de acuerdo con los datos de la Red Hidrográfica Escala 1: 50,000 Edición 2.0 del INEGI (2010).

Con base en la información proporcionada por el CEM (2015), se determinó que, dentro de esta corriente, la altitud máxima alcanza los **8 msnm**, mientras que la mínima corresponde a **1 msnm**.

Con dichos datos, se puede calcular el tiempo de retención; es decir, el tiempo en horas que tardará el flujo en llegar desde su punto de inicio hasta la salida del escurrimiento o drenaje.

Para el cálculo de lo anterior, se utilizó la ecuación de Ven Te Chow (1994) que se estructura de la siguiente manera:

$$T_C = 0.8773\left(\frac{LC^{1.5}}{\sqrt{CM_C - Cm_C}}\right)^{0.64}$$

Donde:

T_C= Tiempo de Concentración (horas).

LC= Longitud del Cauce Principal (km).

CM_C= Cota Mayor del Cauce Principal (msnm).

Cm_C= Cota Menor del Cauce Principal (msnm).

Reemplazando los datos, la fórmula se exhibe de la siguiente manera:

$$T_C = 0.8773\left(\frac{21.1224}{\sqrt{8-1}}\right)^{0.64}$$

Aplicando la ecuación, se obtiene un tiempo de concentración total de **8.79 horas** para la superficie del SA.

4.2. Elementos biológicos

4.2.1. Vegetación

Al igual que en la caracterización de los aspectos físicos del medio, para los elementos del medio biológico, la información que aquí se vierta será para el marco geográfico definido como SA. De acuerdo a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2005), a lo largo del territorio nacional se distribuye una gran diversidad de comunidades vegetales naturales como los bosques, selvas, matorrales y pastizales, junto con amplios terrenos dedicados a actividades agrícolas, ganaderas, acuícolas y zonas urbanas. A las diferentes formas en que se emplea un terreno y su cubierta vegetal se les conoce como **Uso del Suelo y Vegetación**.

Tipo y Caracterización de la Vegetación

De acuerdo con la *Guía de Interpretación de Cartografía Uso de Suelo y Vegetación* del INEGI (2015) se tiene que:

- ***Vegetación Primaria:*** Es aquella en la que la vegetación no presenta alteración significativa o la degradación no es tan manifiesta.
- ***Vegetación Secundaria:*** Cuando un tipo de vegetación es eliminado o alterado por los diversos factores humanos o naturales, como resultado es una comunidad vegetal

significativamente diferente a la original y con estructura y composición florística heterogénea.

La vegetación secundaria se divide en tres estratos:

- **Arbóreo:** Conformado por plantas leñosas de gran tamaño conocidas como árboles. Estas presentan un solo tallo principal o tronco bien definido y, por lo general, alcanzan alturas mayores a 4 metros. Constituyen la capa superior de la vegetación en bosques y selvas, formando el dosel que cubre y protege los estratos inferiores
- **Arbustivo:** Integrado por plantas leñosas de menor tamaño que los árboles, comúnmente llamadas arbustos. Se caracterizan por tener varios tallos que nacen desde la base y por alcanzar alturas aproximadas de entre 1 y 4 metros. Este estrato se localiza debajo del arbóreo y funciona como una capa intermedia dentro de la estructura de la vegetación.
- **Herbáceo:** Comprende plantas de tallo blando, es decir, no leñoso. Generalmente tienen una altura menor a 1 metro e incluyen pastos, hierbas y otras plantas pequeñas.

En lo que respecta al uso agrícola que se desarrolla dentro del país, se incluyen también plantaciones de bosques cultivados y pastizales cultivados. Por su lado, el tiempo de ocupación del terreno puede clasificarse en:

- ***Permanente:*** La ocupación del terreno para cultivo es mayor de 5 años.
- ***Nómada:*** la ocupación del terreno dura de 1 a 3 años y posteriormente se deja de utilizar. Este tipo de agricultura constituye una capa independiente en la información.

La temporalidad de los cultivos se clasifica como:

- ***Temporal:*** Cuando el agua necesaria para su desarrollo vegetativo es suministrada por la lluvia.
- ***Riego:*** Cuando el suministro de agua utilizada para su desarrollo es suministrado por fuentes externas, por ejemplo, un pozo, una presa, etc.

Asimismo, de acuerdo con la duración de los cultivos, pueden ser:

- ***Anuales:*** Son aquellos cuyo ciclo vegetativo dura solamente un año.
- ***Semipermanentes:*** Cuando su ciclo vegetativo dura entre uno y diez años.
- ***Permanentes:*** La duración del cultivo es superior a diez años.

4.2.1.1. Provincias Biogeográficas

Para una descripción de la Flora y Fauna de grandes extensiones de tierra, así como la clasificación de la biodiversidad ecosistémica de México, se realizó la regionalización

biogeográfica del país, estableciendo 2 regiones, 1 zona de transición, 14 provincias y 42 distritos. De acuerdo con el mapa de Provincias Biogeográficas de México de la CONABIO (2001), el SA y área del proyecto incide dentro de la denominada **Costa del Pacifico** (Figura 23). Esta provincia biogeográfica se caracteriza por presentar climas cálidos subhúmedos, con precipitaciones entre 500 y 1500 mm anuales, y un relieve dominado por planicies costeras, lomeríos y cuencas fluviales. La vegetación predominante corresponde a selva baja caducifolia, acompañada de selvas medianas, matorral costero y manglares en zonas estuarinas. Esta provincia alberga una alta diversidad biológica, incluyendo especies endémicas asociadas a cuencas costeras, lo que la convierte en una región de gran importancia ecológica y biogeográfica.

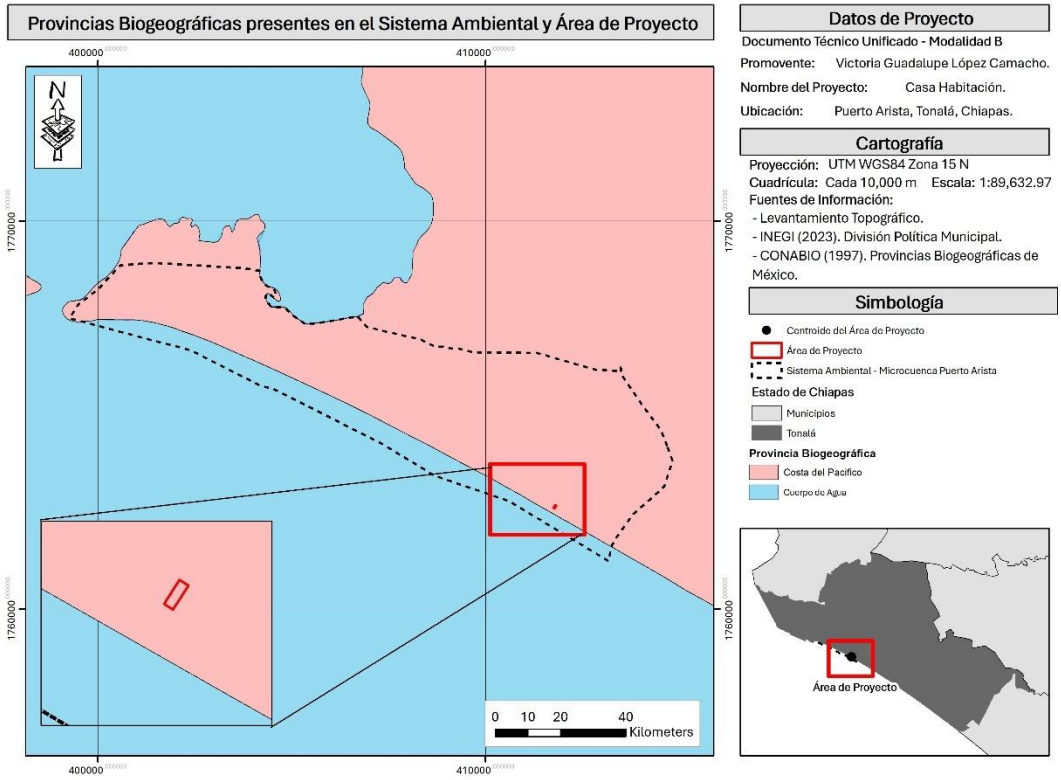


Figura 23. Provincias biogeográficas.

4.2.1.2. Uso de suelo y Vegetación

Para determinar el Uso del Suelo y Vegetación (USV), se tomó como base la Carta de USV, Serie VII del INEGI (2021), encontrando que en el SA se presentan 7 tipos de Uso de Suelo y Vegetación: **Desprovisto de vegetación**, **Asentamientos Humanos**, **Sin Vegetación aparente, Cuerpo de agua, Pastizal cultivado**, **Vegetación Secundaria Arbustiva de Manglar** y **Vegetación Secundaria Arbórea de Manglar** (Tabla 18 y Figura 27).

Uso de Suelo y Vegetación	Clave	Superficie	
		Ha	%
Desprovisto de vegetación	ADV	277.2	6.28
Asentamientos Humanos	AH	63.55	1.44
Sin Vegetación aparente	DV	22.21	0.50
Cuerpo de agua	H_2O	957.77	21.69
Pastizal Cultivado	PI	2,213.37	50.13
Vegetación Secundaria Arbustiva de Manglar	VSa/VM	218.12	4.94
Vegetación Secundaria Arbórea de Manglar	VSA/VM	662.89	15.02
Total		**4,415.09**	**100.00**

Tabla 15. Superficie de usos de suelo y vegetación.

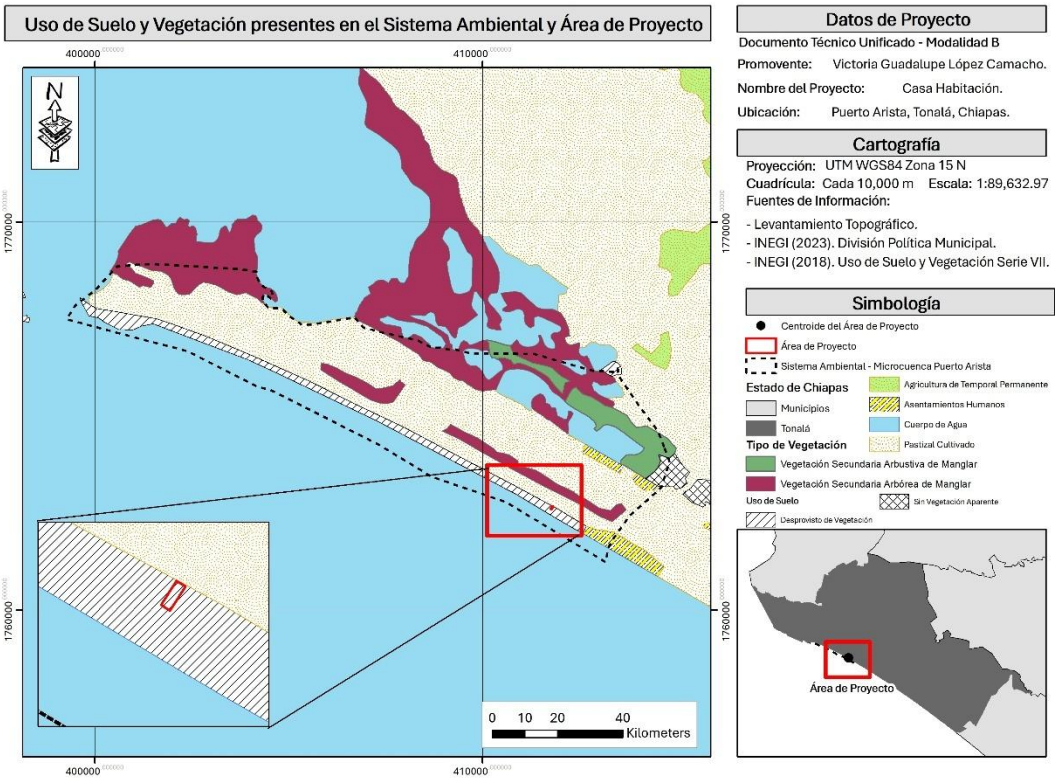


Figura 24. Usos de suelo y vegetación.

En seguida, se describen los usos de suelo presentes en el SA:

Usos de Suelo

- **Área desprovista de vegetación:** Superficie donde la vegetación natural o inducida ha sido eliminada por diferentes actividades humanas.
- **Asentamientos Humanos:** Se refiere al establecimiento de un conglomerado demográfico en un área físicamente localizada, que incluye sistemas de convivencia y obras materiales. En términos de uso de suelo, los asentamientos humanos

implican la ocupación de tierras para viviendas, infraestructura urbana, servicios públicos y equipamientos

- **Sin vegetación aparente**: Considera las áreas en donde no es visible o detectable alguna comunidad vegetal. Se incluye los eriales, depósitos litorales, bancos de ríos y aquellas áreas donde algún factor ecológico no permite o limita el desarrollo de la cubierta vegetal como falta de suelo, elevado nivel de salinidad o sodicidad y climas extremos.
- **Cuerpo de Agua:** Se refiera a una extensión con cubierta de agua.
- **Pastizal Cultivado:** Esta comunidad dominada por gramíneas o graminoides aparece como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia.

  Sistema en el cual se han introducido, intencionalmente en una región y para su establecimiento, pastos nativos de diferentes partes del mundo como: *Digitaria decumbens* (Zacate Pangola), *Pennisetum ciliaris* (Zacate Buffel), *Panicum maximum* (Zacate Guinea o Privilegio), *Panicum purpurascens* (Zacate Pará), entre otras muchas especies, bajo un programa de productividad y conservación se realizan algunas labores de cultivo y manejo. Estos pastizales son los que generalmente forman los llamados potreros en zonas tropicales, por lo general con buenos coeficientes de agostadero.

Tipos de Vegetación

- **Manglar:** Es una comunidad densa, dominada por un grupo de especies arbóreas conocidas como mangles, que se distribuye en los litorales del Océano Pacífico, Golfo de California y Océano Atlántico, en zonas con climas cálidos húmedos y subhúmedos y de muy baja altitud. Se desarrolla en las márgenes de lagunas costeras y esteros y en desembocaduras de ríos y arroyos, pero también en las partes bajas y fangosas de las costas; siempre sobre suelos profundos, en sitios inundados sin fuerte oleaje o con agua estancada. Un rasgo peculiar que presentan los mangles es la presencia de raíces en forma de zancos, o bien de neumatóforos, características de adaptación que les permiten estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas. Los mangles son especies perennifolias y el estrato dominante que forman es generalmente arbóreo, aunque también puede ser subarbóreo o hasta arbustivo; las alturas de los mangles pueden variar, de manera general, desde 1 hasta 30 metros. En México predominan cuatro especies en los manglares: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*);

frecuentemente estas especies se encuentran asociadas entre sí, pero con diferentes grados de dominancia cada una de ellas.

- **Vegetación Secundaria Arbórea y Arbustiva:** Se refiere al estado sucesional de la vegetación natural cuando un tipo de vegetación primaria es eliminado o alterado por diversos factores humanos o naturales (incendios, huracanes, erupciones, heladas, inundaciones, deslaves, plagas, etc.), surgiendo una comunidad vegetal significativamente diferente a la original con estructura y composición florística heterogénea. Los tipos de fases se determinan con base en las formas de vida presentes y su altura (herbácea, arbustiva o arbórea).

4.2.1.3. Caracterización de la Vegetación

4.2.1.3.1. Metodología para el muestreo

Derivado de las visitas de campo preliminares y la identificación de las especies existentes en el entorno, se determinó que la vegetación predominante en el área del proyecto es aquella conocida como Vegetación de Dunas Costeras. De acuerdo con el INEGI, dicho tipo de vegetación se define como la "*comunidad vegetal que se establece a lo largo de las costas, se caracteriza por plantas pequeñas y suculentas. Las especies que la forman juegan un papel importante como pioneras y fijadoras de arena, evitando con ello que sean arrastradas por el viento y el oleaje. Algunas de las especies que se pueden encontrar son nopal (Opuntia dillenii), riñonina (Ipomoea pes-caprae), alfombrilla (Abronia maritima), (Croton spp.), verdolaga (Sesuvium portulacastrum), etcétera. También se pueden encontrar algunas leñosas y gramíneas como el uvero (Coccoloba uvifera), pepe (Chrysobalanus icaco), cruceto (Randia sp.), espino blanco (Acacia sphaerocephala), mezquite (Prosopis juliflora), zacate salado (Distichlis spicata), zacate (Sporobolus sp.) entre otros*".

Para la recolección de información en campo del estudio de biodiversidad de la flora en Dunas Costeras, donde sus características son ecosistemas costeros formados por montículos de granos de arena o de granos de origen biológico, la altura puede ser de menos de un metro hasta centenares de metros. La vegetación de las dunas costeras es considerada como pionera y los principales fijadores de sustrato dando comienzo a las sucesiones ecológicas de las comunidades vegetativas terrestres.

Para llevar a cabo el muestreo de la composición florística de las dunas costeras del área de Proyecto, se empleó la metodología presentada en el Protocolo para el monitoreo ecosistémico de playas y dunas costeras en Áreas Naturales Protegida (2022), donde se menciona que se deben establecer sitios de muestreo, y en cada uno de ellos realizar 5 transectos de perpendiculares a la costa de 30x2 m, considerando una distancia mínima de separación de 50 m uno de otro.

Asimismo, se tomaron los datos dasométricos Diámetro Normal (DN, en centímetros) y Altura (h, en metros). El **diámetro (d)** es una de las variables más empleada en los inventarios

y se expresa en centímetros (Diéguez *et al.*, 2003; Cancino, 2012). La medición del DN consiste en determinar la longitud de la recta que pasa por el centro del círculo y termina en los puntos que tocan toda la circunferencia. Estas mediciones son siempre en centímetros y sus decimales si este fuera el caso; sólo se usan milímetros cuando se mide repoblación o dinámica de plántulas. La altura para medir el diámetro varía según la edad del individuo, su forma de crecimiento y el objetivo del estudio (Khatry *et al.* 1996; Cancino 2006; Kauffman y Donato 2012). Es importante mencionar que, en vegetación de dunas costeras, el diámetro a la altura del pecho (DAP, 1.30 m) suele no ser aplicable.

- **Diámetro Basal:** Se mide el diámetro del tallo en la base, utilizando forcípula o cinta métrica.
- **Altura Máxima:** Se mide la distancia vertical desde la base del tallo principal hasta la parte más alta del dosel o la rama más alta.

Para el presente proyecto, en el SA se establecieron 25 transectos, mientras que, para el área del Proyecto fueron 8 transectos. En ambas áreas de estudio, los transectos tuvieron dimensiones de 2.0 m de ancho por 30.0 m de largo, dentro de los cuales se midieron todos los individuos arbóreos y arbustivos con DAP o diámetro basal ≥ 1.0 cm, así como su altura (H); en el caso de las especies no maderables, únicamente se contabilizó el número de individuos, sin realizar mediciones.

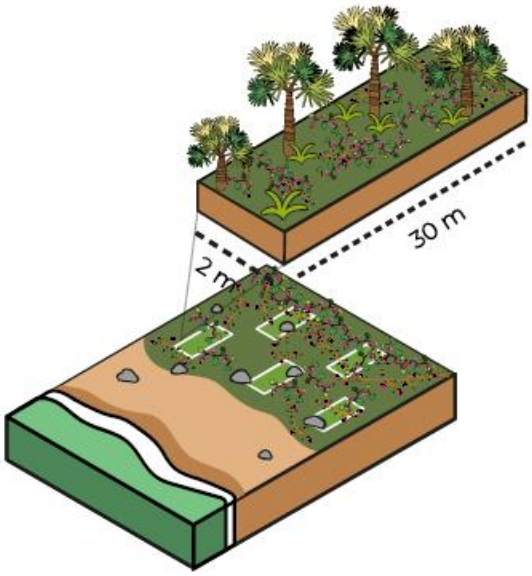


Figura 25. Esquema de sitios de muestreo de flora con Transectos lineales de 2x30.

En el caso de las especies herbáceas, se siguió la metodología propuesta por Mostacedo y Fredericksen (2000), quienes recomiendan el uso de subtransectos de menor tamaño (por ejemplo, 1 × 4 m o 2 × 5 m) para el muestreo de hierbas. Por ello, dentro de cada transecto principal se establecieron dos submuestras de 2.0 x 2.0 m (4.0 m^2) para el registro de la vegetación herbácea.

Para la agrupación por estrato, se tomaron las siguientes consideraciones:

- **Árbol:** Es una planta, de tallo leñoso, que se ramifica a cierta altura del suelo. El término hace referencia habitualmente a aquellas plantas cuya altura supera un determinado límite en la madurez, diferente según las fuentes: dos metros, tres metros, cinco metros o los seis metros. Además, producen ramas secundarias nuevas cada año, que parten de un único fuste o tronco, con clara dominancia apical, dando lugar a una nueva copa separada del suelo. Algunos autores establecen un mínimo de 10 cm de diámetro en el tronco (la longitud de la circunferencia sería de unos 30 cm). Las plantas leñosas que no reúnen estas características por tener varios troncos o por ser de pequeño tamaño son consideradas arbustos.
- **Arbusto:** Se le llama arbusto a la planta leñosa de cierto porte cuando, a diferencia de los árboles, no se yergue sobre un solo tronco o fuste, sino que se ramifica desde la misma base. Los arbustos pueden tener varios metros de altura.
- **Hierba:** Es una planta que no presenta órganos decididamente leñosos. Los tallos de las hierbas son verdes, mueren generalmente al acabar la buena estación, siendo sustituidos por otros nuevos si la hierba es vivaz.
- **No Maderables:** Se tomó como no maderables a individuos de especies de suculentas, orquídeas, bromelias, etc.

Las coordenadas UTM (Datum WGS84 Zona 15 Norte) puntos de inicio y final de los transectos de muestreo efectuados en el SA y dentro del área de Proyecto, se presentan en las Tablas 19 y 18, respectivamente, mientras que el plano de distribución de las muestras en la Figura 26.

Coordenadas UTM de los Transectos del Sistema Ambiental				
Transecto	Inicio		Final	
	X	Y	X	Y
1	411684	1762599	411657	1762611
2	411611	1762690	411583	1762702
3	411459	1762745	411435	1762761
4	411106	1762961	411080	1762976
5	410920	1763065	410902	1763088
6	410665	1763221	410692	1763215
7	410558	1763314	410586	1763301
8	410425	1763364	410411	1763339
9	410305	1763401	410335	1763405
10	410171	1763474	410169	1763504
11	410102	1763605	410084	1763580
12	410158	1763697	410172	1763724
13	411977	1762446	411953	1762460
14	412074	1762373	412104	1762369
15	412192	1762304	412219	1762290
16	412270	1762263	412297	1762248
17	412583	1762076	412605	1762056

Coordenadas UTM de los Transectos del Sistema Ambiental				
18	411775	1762657	411793	1762672
19	411771	1762659	411785	1762684
20	411763	1762669	411777	1762690
21	411759	1762666	411771	1762690
22	411735	1762633	411752	1762661
23	411738	1762629	411752	1762655
24	411757	1762629	411766	1762652
25	411758	1762623	411774	1762648

Tabla 16. Coordenadas UTM de los sitios de muestreo de flora en el SA.

Coordenadas UTM de los Transectos del Sistema Ambiental				
Transecto	Inicio		Final	
	X	Y	X	Y
1	411807	1762669	411789	1762643
2	411812	1762663	411796	1762639
3	411788	1762630	411772	1762603
4	411780	1762599	411795	1762623
5	411800	1762673	411783	1762650
6	411775	1762636	411759	1762611
7	411765	1762608	411781	1762634
8	411803	1762634	411819	1762659

Tabla 17. Coordenadas UTM de los sitios de muestreo de flora en el área de Proyecto.

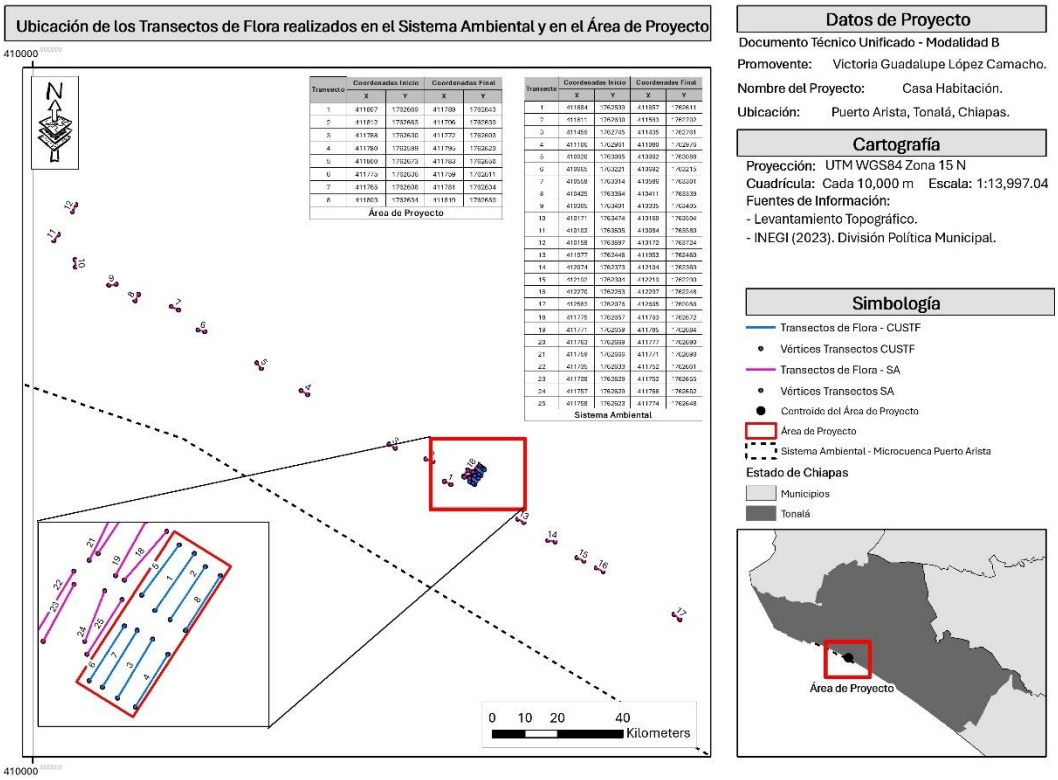


Figura 26. Sitios de muestreo de flora.

4.2.1.3.2. Confiabilidad de la muestra

Para estimar la confiabilidad del muestreo se empleó un análisis de curvas de acumulación de especies, el cual ofrece argumentos para poder determinar la validez del muestreo.

Se han propuesto muchos métodos que estiman la riqueza, pero las aproximaciones más utilizadas en ecología son las siguientes: (a) extrapolación de la curva de acumulación de especies como una función del esfuerzo de muestreo, donde se asume que la riqueza total es el número de especies que se encontrarían con un esfuerzo infinito (asíntota); (b) estimación del número de especies aún no observadas, después de ajustar las abundancias de las especies a modelos de distribución paramétrica (como los descritos por la serie logarítmica, la serie log–normal, o la de Poisson log–normal) y (c) uso de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies, que se basan en el estudio de las especies raras y permiten estimar el número de nuevas especies a partir de las relaciones de abundancia o incidencia de las especies ya detectadas en el muestreo.

Los estimadores no paramétricos son el avance más importante en la medida de la biodiversidad en los últimos tiempos. Entre ellos están los estimadores desarrollados por Chao (1984) basados en la abundancia o en la incidencia de las especies, y los métodos basados en el remuestreo, como los estimadores de tipo **Jackknife** y las técnicas Bootstrap. Estas técnicas son adiciones valiosas al conjunto de herramientas con que cuentan los ecólogos para cuantificar la biodiversidad y evaluar las consecuencias de las actividades humanas sobre los ecosistemas.

El impacto de las actividades humanas sobre los sistemas ecológicos queda bien ejemplificado por los cambios en los usos del suelo derivados de la urbanización, cuyas consecuencias representan una seria amenaza a la conservación de la biodiversidad en todo el mundo, y podrían suponer la erradicación de un elevado número de especies de los hábitats afectados, en especial en los países en vías de desarrollo situados en latitudes tropicales. Ante esta situación, los ecólogos se enfrentan a las tareas de cuantificar el impacto de la urbanización sobre la biodiversidad, y de proponer medidas que permitan conservar la mayor biodiversidad posible en los ecosistemas urbanos. En muchos casos, las áreas verdes urbanas representan los últimos espacios "naturales" en las grandes ciudades, y ofrecen un refugio potencial a una fracción de tamaño generalmente desconocido de la diversidad original.

Las 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 (Figura 30). Pero incluso en estas curvas podrían obtenerse asíntotas antes de que muchas especies hubieran sido registradas, sobre todo por efecto de

la estacionalidad, la diversidad beta (el grado de reemplazo de especies a través de gradientes ambientales) y la abundancia relativa de las especies.

Las curvas de acumulación permiten **1)** dar confiabilidad a los inventarios biológicos y posibilitar su comparación, **2)** una mejor planificación del trabajo de muestreo, tras estimar el esfuerzo requerido para conseguir inventarios fiables, y **3)** extrapolar el número de especies observado en un inventario para estimar el total de especies que estarían presentes en el área.

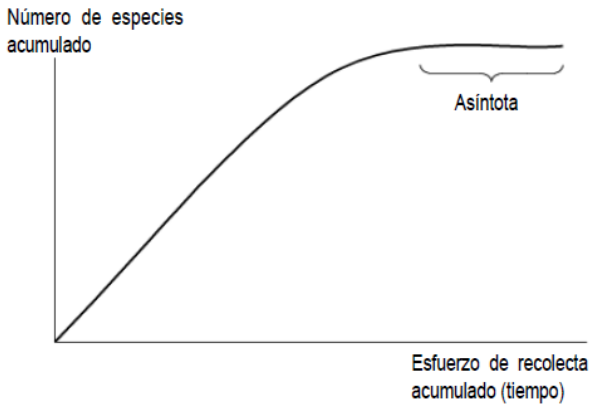


Figura 27.Ejemplo de Curva de Acumulación de Especies.

El número de especies registradas en una zona aumenta conforme aumenta el trabajo de campo, hasta un máximo donde se piensa que ya se han registrado todas las especies (asíntota).

Para el presente estudio, se calculó la curva de acumulación de especies estimadas según el estimador no paramétrico **Jackknife 2**; el cual considera el número de especies que solamente ocurren en una muestra, además de las que ocurren solamente en dos muestras.

Para obtener los datos de **Jackknife 2** utilizamos el programa Estimated S, que actualmente cuenta con otros estimadores de riqueza, algunos basados en la cobertura, calcula índices de diversidad, curvas de rarefacción e incluso puede graficar curvas de acumulación de especies, entre otras bondades. EstimateS es gratuito a través de internet (http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS) y ha permitido que el empleo de los estimadores no paramétricos se generalice a nivel mundial.

En los siguientes gráficos, se presenta la curva de acumulación de especies de flora para el SA (Gráfico 4) y el área del Proyecto (Gráfico 5):

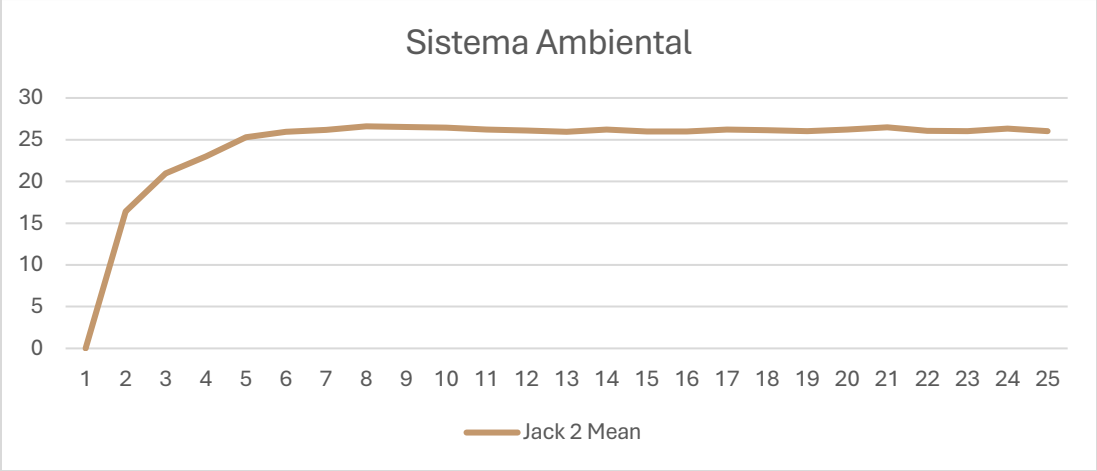


Gráfico 4. Curva de acumulación de especies de flora en el SA.

Al analizar la curva de acumulación de especies de flora del SA, se observa un incremento abrupto entre las unidades de muestreo 1 y 2, pasando de 0 a 16 especies registradas. Posteriormente, la curva continúa ascendiendo hasta alcanzar 27 especies en la unidad de muestreo 8. A partir de este punto, el incremento en la riqueza específica es marginal, evidenciándose una tendencia a la estabilización y un comportamiento asintótico.

Lo anterior sugiere que el esfuerzo de muestreo aplicado es suficiente para representar adecuadamente la riqueza florística del área de estudio. En consecuencia, la probabilidad de registrar nuevas especies mediante un aumento del esfuerzo de muestreo es baja, lo cual respalda la confiabilidad de la estimación obtenida.

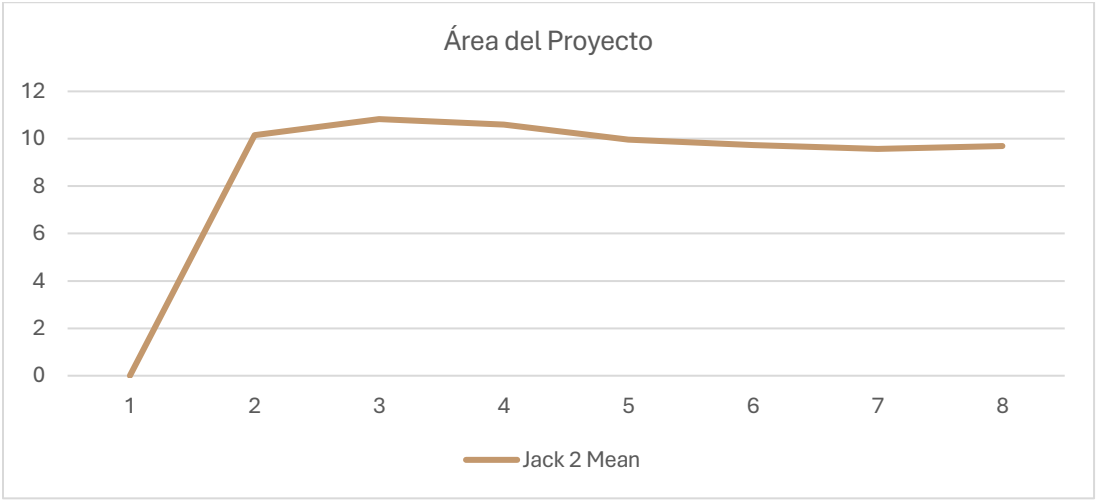


Gráfico 5. Curva de acumulación de especies de flora en el área del Proyecto.

Para el área del Proyecto, al analizar la curva de acumulación de especies de flora, se observa un incremento abrupto entre las unidades de muestreo 1 y 2, pasando de 0 a 10 especies registradas. Posteriormente, la curva continúa ascendiendo hasta alcanzar 11 especies. A

partir de este punto, no se incrementó la riqueza específica, presentando un comportamiento asintótico entre las unidades de muestreo 5 y 8.

Lo anterior sugiere que el esfuerzo de muestreo aplicado es suficiente para representar adecuadamente la riqueza florística del área de estudio. En consecuencia, la probabilidad de registrar nuevas especies mediante un aumento del esfuerzo de muestreo es baja, lo cual respalda la confiabilidad de la estimación obtenida.

Ahora bien, teniendo la comparación entre el número de especies observadas según el inventario florístico y las estimaciones derivadas de la curva de acumulación, es posible evaluar la eficiencia del esfuerzo de muestreo. En este contexto, es importante señalar que, cuando se obtiene un valor superior al 85 % de las especies esperadas, el muestreo se considera eficiente (Villarreal *et al.*, 2006).

La eficiencia se determina mediante la relación entre la riqueza observada y la riqueza estimada, multiplicada por 100, lo que permite cuantificar el grado de representatividad del inventario florístico respecto al total estimado para el área de estudio.

$$\text{Eficiencia} = \left(\frac{\text{Especies Observadas}}{\text{Especies Estimadas}}\right) * 100$$

De conformdiad con la información en campo se tiene lo siguiente:

- En el SA se reportan 26 especies, mientras que el estimador Jacknife 2 indica un total de 27 especies.
- En el área del Proyecto se reportan 10 especies, mientras que el estimador Jacknife 2 indica un total de 11 especies.

Teniendo en cuenta lo anterior, y al realizar , la sustitución en la fórmula de eficiencia, se obtiene lo siguiente:

$$\textbf{Eficiencia} = \left(\frac{26}{27}\right) * 100 = \textbf{96.30\%}$$

$$\textbf{Eficiencia} = \left(\frac{10}{11}\right) * 100 = \textbf{90.91\%}$$

En función de este resultado, la eficiencia de muestreo alcanzada en el SA es de 96.30% mientras que para el área del Proyecto fue de 90.91%. Teniendo en cuenta esto, en ambas áreas de estudio el valor es superior al umbral del 85 % propuesto por Villarreal *et al.* (2006), por lo tanto, se concluye que el esfuerzo de muestreo aplicado fue eficiente y representativo de la riqueza florística de lás área de estudio.

4.2.1.3.3. Listado de especies

4.2.1.3.3.1. Listado de especies potenciales de flora en el Sistema Ambiental

Para obtener un panorama más claro de la Flora Potencial existente al interior del SA, se consultaron los registros de Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2025), presentes en los municipios donde se ubica el área de estudio, y a partir de ellos, realizar una extracción de la información acotada a la superficie del SA.

De acuerdo con lo anterior, se obtuvo que, dentro del SA se han registrado un total de 1,438 especies, distribuidas en 173 familias, donde la más representativa es la familia Fabaceae con 5 especies (Gráfico 6). El listado de Flora Potencial se presenta anexo a este DTU-B.

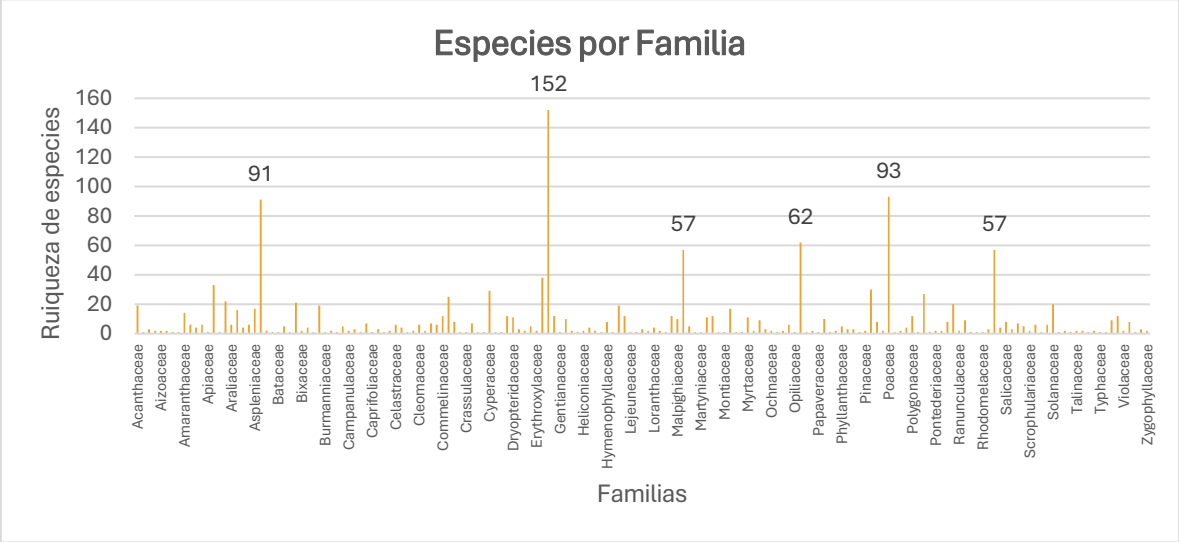


Gráfico 6. Riqueza de especies de flora potenciales en el SA.

4.2.1.3.3.2. Listado de especies de flora muestreadas en el Sistema Ambiental

De conformidad con los trabajos realizados en campo, en el SA se identificaron un total de 26 especies de flora, de las cuales, 2 pertenecen al estrato arbóreo, 4 al arbustivo, 10 al herbáceo y una al no maderable. En cuanto a la riqueza, las 26 especies pertenecen a 15 familias (Gráfica 6), donde las Fabaceaes son la mejor representada, con un total de 5 especies.

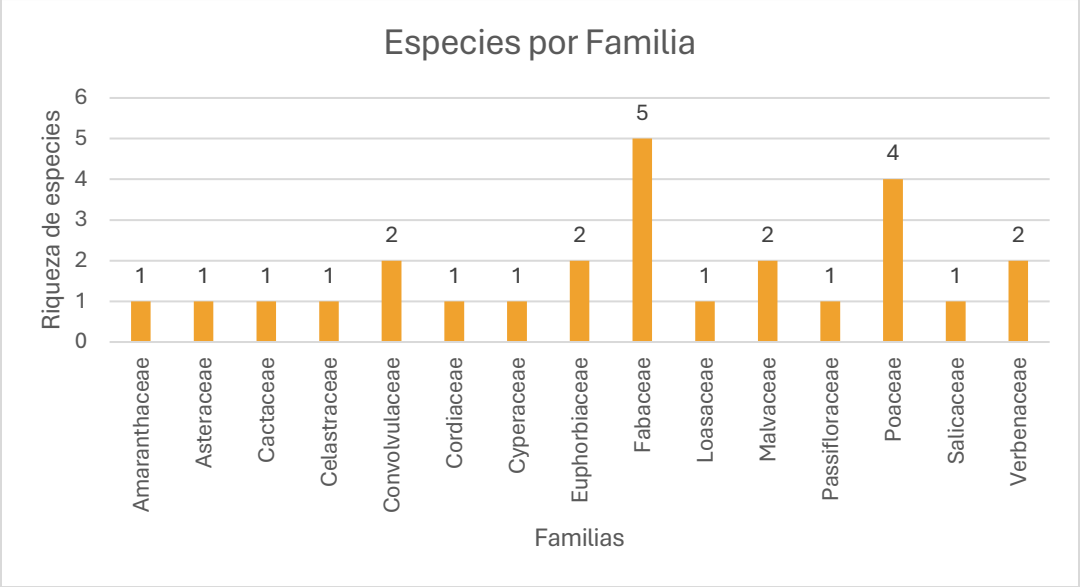


Gráfico 7. Riqueza de especies de flora en el SA.

En la siguiente tabla, se presenta el listado de especies identificadas dentro del Sistema Ambiental:

Estrato	Familia	Especie	Nombre común
Arbóreo	Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cancerina
	Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Huizache
	Salicaceae	*Casearia corymbosa*	Cafecito
Arbustivo	Cordiaceae	*Varronia curassavica*	Sangre de toro
	Euphorbiaceae	*Euphorbia hyssopifolia*	Hierba de la golondrina
	Fabaceae	*Vachellia collinsii*	Ixcanal
	Loasaceae	*Mentzelia aspera*	Pegaropa
	Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva
	Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negrito
	Verbenaceae	*Phyla nodiflora*	Bella alfombra
Herbáceo	Amaranthaceae	*Gomphrena decumbens*	Cabezona
	Asteraceae	*Pectis multifloculosa*	Limoncillo costero
	Convolvulaceae	*Distimake cissoides*	Trompetilla
	Convolvulaceae	*Ipomoea pes-caprae*	Riñonina
	Cyperaceae	*Cyperus polystachyos*	Pata de gallo
	Euphorbiaceae	*Acalypha monostachya*	Hierba del cancer
	Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa
	Fabaceae	*Indigofera hirsuta*	Añil velloso
	Fabaceae	*Tephrosia cinerea*	Barbasco medicinal
	Malvaceae	*Herissantia crispa*	Hierba del campo
	Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá
	Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo
	Poaceae	*Jouvea pilosa*	Pasto salado
	Poaceae	*Sporobolus virginicus*	Pasto

Estrato	Familia	Especie	Nombre común
	Poaceae	*Uniola pittieri*	Arroz de costa
No maderable	Cactaceae	*Acanthocereus tetragonus*	Cruceta

Tabla 18. Listado de especies de flora en el SA.

4.2.1.3.3.3. Listado de especies de flora muestreadas en el área de Proyecto

De conformidad con los trabajos realizados en campo, dentro del área de Proyecto se identificaron un total de 10 especies de flora, de las cuales, 1 pertenece al estrato arbóreo, 1 al arbustivo y 8 al herbáceo. En cuanto a la riqueza, las 10 especies pertenecen a 6 familias (Gráfica 8), donde Fabaceae y Poaceae son las mejor representadas, con un total de 3 especies cada una.

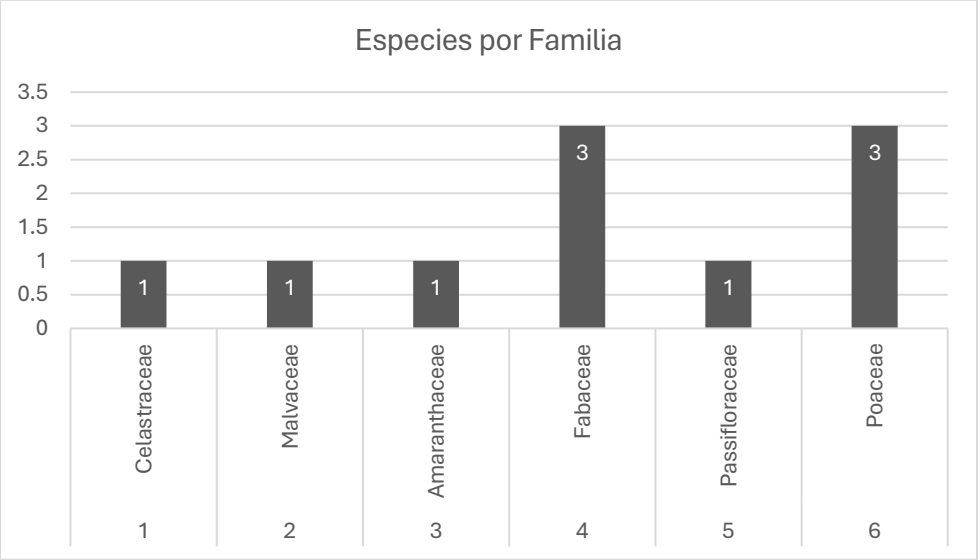


Gráfico 8. Riqueza de especies de flora en el área de Proyecto.

En la siguiente tabla, se presenta el listado de especies identificadas dentro del área de Proyecto:

Estrato	Familia	Especie	Nombre común
Arbóreo	Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cancerina
Arbustivo	Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva
Herbáceo	Amaranthaceae	*Gomphrena decumbens*	Cabezona
	Asteraceae	*Pectis multifloculosa*	Limoncillo costero
	Convolvulaceae	*Distimake cissoides*	Trompetilla
	Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa
	Fabaceae	*Indigofera hirsuta*	Añil velloso
	Fabaceae	*Tephrosia cinerea*	Barbasco medicinal
	Malvaceae	*Herissantia crispa*	Hierba del campo
	Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá
	Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo
	Poaceae	*Jouvea pilosa*	Pasto salado
	Poaceae	*Sporobolus virginicus*	Pasto

Tabla 19. Listado de especies de flora en el área del proyecto.

4.2.1.3.3.4. Especies de flora listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III

De acuerdo con la riqueza florística identificada en campo, dentro del SA y en el área de Proyecto **NO** se encontraron especies en listadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III.

4.2.2. Fauna

4.2.2.1. Metodología de muestreo

En los siguientes puntos, se describe la metodología realizada para cada grupo faunístico:

Anfibios y Reptiles.

Para los muestreos se utilizó la técnica de transecto lineal (Heyer, et al., 2001), realizando recorridos terrestres diurnos, con una longitud variable registrando anfibios y reptiles a lo largo del transecto y a 10 metros a cada lado del mismo; en horarios de 8:00 a 13:00 horas. Buscando de manera intensiva con ayuda de un gancho herpetológico y una lámpara en los sitios potenciales o microhábitat donde se encuentran (arroyos, aguajes, riachuelos, hojarasca, troncos caídos, bajo piedras y corteza de árboles, pozos, zanjas y cuerpos de agua artificiales).

El registro se efectuó por medio de observación directa e indirecta (registro visual, auditivo, rastros y mudas). Los datos recabados se anotaron en una libreta de campo, donde se solicita nombre del predio, localidad, nombre del transecto, coordenadas, altitud, nombre del observador, número de registro, nombre científico, tipo de vegetación y observaciones (medidas morfométricas en algunas especies para identificación).

La identificación se realizó con ayuda de las guías Campbell, 1998; Duellman, 2001; Lee, 2000 y Köhler, (2008, 2011), el arreglo taxonómico fue con base en CONABIO, 2013. Los resultados obtenidos fueron capturados en una base de datos con campos específicos para el grupo en el programa Microsoft Excel ver. 2013.

Aves.

Para el registro de aves se empleó la técnica de Puntos de conteo. Esta técnica consiste en que el observador permanece en un punto fijo durante un tiempo determinado y registre aves ya sea visual o auditivamente, en un radio dentro y fuera de 25 metros a la redonda. Los recorridos se iniciaron a partir de las 06:00 y se finalizaron alrededor de las 11 horas, ya que es el periodo del día en el que las aves presentan su mayor actividad, por lo cual su detección es más probable. Las especies se identificaron de forma visual, con el uso de binoculares (10x40), así como de forma auditiva a través de las vocalizaciones distintivas de cada especie (Ralph et al., 1996).

Asimismo, se empleó la técnica de transecto lineal, esta técnica consistió en hacer recorridos a una velocidad constante a través de los diferentes tipos de vegetación (Bibby, et al., 1998). La velocidad promedio fue de un kilómetro por hora, con una longitud variable para recorridos terrestres. Los recorridos se iniciaron a partir de las 06:00 y se finalizaron alrededor de las 11 horas, ya que es el periodo del día en el que las aves presentan su mayor actividad, por lo cual su detección es más probable. Las especies se identificaron de forma visual, con el uso de binoculares (10x40), así como de forma auditiva a través de las vocalizaciones distintivas de cada especie (Ralph, et al., 1996).

También, se utilizaron guías especializadas de identificación de aves: Guide to the birds of Mexico and Northern Central America (Howell y Webb, 1995), Aves de México (Peterson y Chalif, 1989), The Sibley guide to birds (Sibley, 2000) y Shorebirds of North America: the photographic guide (Paulson, 2005).

El nombre científico de las especies se asignó con base en la lista anotada del Check-list American Ornithologists' Union (1998) y suplementos actualizados al año 2015. La estacionalidad se determinó con base en Howell y Webb (1995). Los datos fueron anotados en una libreta de campo. Posteriormente fueron capturados en una base de datos en el programa Microsoft Excel ver. 2007, donde se llenaron los campos solicitados por la base correspondiente al grupo taxonómico.

Redeo de Aves.

Se colocaron redes de niebla, las cuales se abrieron por la mañana a partir de las 07:00 a las 13:00 horas y por las tardes de 16:00 a 18:30 horas y permanecían abiertas cinco horas en el día y 02:30 horas en la tarde, se realizaron revisiones intermedias cada 30 minutos. Las redes fueron colocadas entre la vegetación.

Cada una de las aves capturadas fue identificada mediante la utilización de guías de campo (Howell y Webb, 1995) y (Peterson y Chalif, 1989), las especies capturadas fueron liberadas en el mismo sitio de captura. Los datos fueron anotados en una libreta de campo para posteriormente, capturarlos en una base de datos en el programa Microsoft Excel ver. 2007, donde se llenaron los campos correspondientes al grupo taxonómico.

Mamíferos.

Para la búsqueda de mamíferos se empleó la técnica de transecto lineal (Buckland et al., 1993) de longitud variable y un ancho de 10 x 10 (modificado por Miller B. W. y Miller M. C. 1999), en un horario de 6:00 a 11:00 horas. En el recorrido se abarcaron varios tipos de vegetación, en los cuales se realizaron observaciones directas (conteos de los animales observados en un determinado recorrido) e indirecta (basado en la interpretación de los rastros que los animales dejan en su medio ambiente, tales como huellas, excretas, restos óseos, entre otros).

Para el registro de los datos se anotó en una libreta de campo. La determinación taxonómica se realizó con el apoyo de guías de campo especializadas (Aranda, 2000 y Reid, 1997) y la clasificación taxonómica de las especies se basó en lo propuesto por Ramírez Pulido, *et al.* (2014). En caso de no identificar a simple vista la especie, se procedió a la impresión de huellas mediante una mezcla de yeso odontológico, que fue transportada envuelta en papel periódico. Los datos fueron capturados en una base de datos en el programa Microsoft Excel ver. 2013, donde se llenaron los campos correspondientes al grupo taxonómico.

Foto trampeo.

Se instalaron cámaras trampas que se dejaron instaladas durante los días de trabajo, esta técnica de Foto Trampeo consistió en colocar dos cámaras trampas para la captura fotográfica de los mamíferos medianos y grandes con hábitos nocturnos que son difíciles de ver durante los recorridos diurnos.

Trampas.

También se colocaron trampas tipo Tomahawk para la captura de mamíferos medianos, estos fueron colocados durante la noche, para el cebo se utilizó sardina y atún.

En la siguiente tabla, se presentan las coordenadas UTM de las unidades de muestreo efectuadas para el inventario faunístico, dentro del SA (Tabla 20, 21) y el área del Proyecto (Tabla 22).

Coordenadas UTM de Muestreo Sistema Ambiental					
Grupo	Transectos	Inicial		Final	
		X	Y	X	Y
Reptiles	TL1	411679	1762648	411664	1762625
	TL2	411603	1762690	411610	1762663
	TL3	411463	1762771	411447	1762747
	TL4	411356	1762829	411344	1762803
	TL5	411264	1763006	411240	1763021
	TL6	411164	1763067	411140	1763080
	TL7	411023	1763149	410999	1763163
	TL8	410917	1763213	410891	1763227
	TL9	410515	1763554	410498	1763532
	TL10	410630	1763461	410611	1763439
	TL11	410751	1763358	410738	1763333
	TL12	410835	1763286	410816	1763264
	TL13	410557	1763276	410542	1763252
Mamíferos y Aves	TL1	411699	1762605	411256	1762843
	TL2	411263	1763005	410890	1763226
	TL3	410876	1763233	410487	1763559

Tabla 20. Coordenadas de los transectos de muestreo de fauna en el SA.

Coordenadas UTM de Muestreo en Sistema Ambiental			
Técnica	**Identificador**	X	Y
Trampas Sherman	TS1	411665	1762642
	TS2	411600	1762693
	TS3	411443	1762757
	TS4	411369	1762801
	TS5	410526	1763538
	TS6	410626	1763415
	TS7	410759	1763338
	TS8	410851	1763255
	TS9	410614	1763230
	TS10	410817	1763125
	TS11	410929	1763050
	TS12	411048	1762965
Red de niebla	Red 1	411391	1762794
	Red 2	411590	1762702
	Red 3	410912	1763204
	Red 4	410828	1763274
Trampa Tomahawk	TT1	411357	1762814
	TT2	410683	1763370
	TT3	410669	1763193

Tabla 21. Coordenadas de técnicas de muestreo de fauna en el SA.

Coordenadas de Muestreo Área de Proyecto					
Técnica	**Identificador**	**Inicial**		**Final**	
		X	Y	X	Y
Transecto Mamíferos y Aves	1	411777	1762601	411812	1762662
	2	411805	1762675	411762	1762609
Transecto Reptiles	1	411793	1762665	411817	1762654
	2	411784	1762652	411809	1762641
	3	411775	1762637	411799	1762625
	4	411765	1762622	411789	1762609
Técnica	**Identificador**	**X**		**Y**	
Trampa Sherman	TS1	411805		1762662	
	TS2	411787		1762649	
	TS3	411794		1762622	
	TS4	411766		1762616	
Red de niebla	Red 1	411810		1762655	
	Red 2	411770		1762620	
Trampa Tomahawk	TT1	411796		1762650	

Tabla 22. Coordenadas de las unidades de muestreo de fauna en el área de Proyecto.

Periodicidad del Muestreo

Los muestreos efectuados en el fueron realizados en el mes de febrero, durante invierno. Para el SA se abarcaron los días **10**, **11, 12**, **13** de marzo de 2026. En cuanto al área del Proyecto, se efectuó el día **11** de marzo de 2026.

4.2.2.2. Confiabilidad de la muestra

Para el presente estudio, se calculó la curva de acumulación de especies estimadas según el estimador no paramétrico **Jackknife 2**; el cual considera el número de especies que solamente ocurren en una muestra, además de las que ocurren solamente en dos muestras.

Para obtener los datos de **Jackknife 2** utilizamos el programa EstimateS, que actualmente cuenta con otros estimadores de riqueza, algunos basados en la cobertura, calcula índices de diversidad, curvas de rarefacción e incluso puede graficar curvas de acumulación de especies, entre otras bondades. EstimateS es gratuito a través de internet (http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS) y ha permitido que el empleo de los estimadores no paramétricos se generalice a nivel mundial.

En los siguientes gráficos, se presenta la curva de acumulación de especies de fauna para el SA (Gráfico 9) y el área del Proyecto (Gráfico 10):

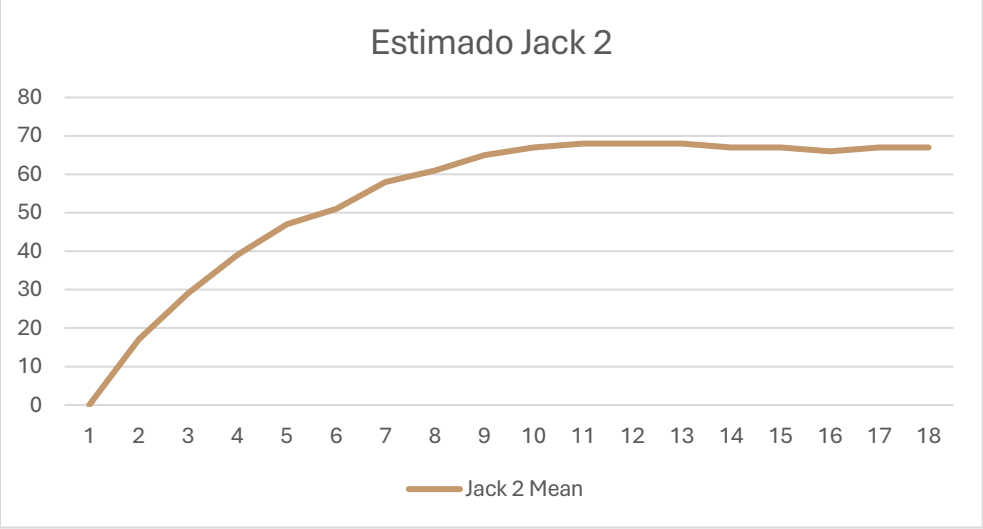


Gráfico 9. Curva de acumulación de fauna en el SA.

Al analizar la curva de acumulación de especies de fauna del SA, se observa un incremento abrupto entre las unidades de muestreo 1 y 5, pasando de 0 a 47 especies registradas. Posteriormente, la curva continúa ascendiendo hasta alcanzar 68 especies en las unidad de muestreo 11. Es en esta unidad es donde se deja de reportar un incremento en la riqueza específica, presentando un descenso y posteriormente un comportamiento asintótico en las última unidades.

Lo anterior sugiere que el esfuerzo de muestreo aplicado es suficiente para representar adecuadamente la riqueza faunística del área de estudio. En consecuencia, la probabilidad de registrar nuevas especies mediante un aumento del esfuerzo de muestreo es baja, lo cual respalda la confiabilidad de la estimación obtenida.

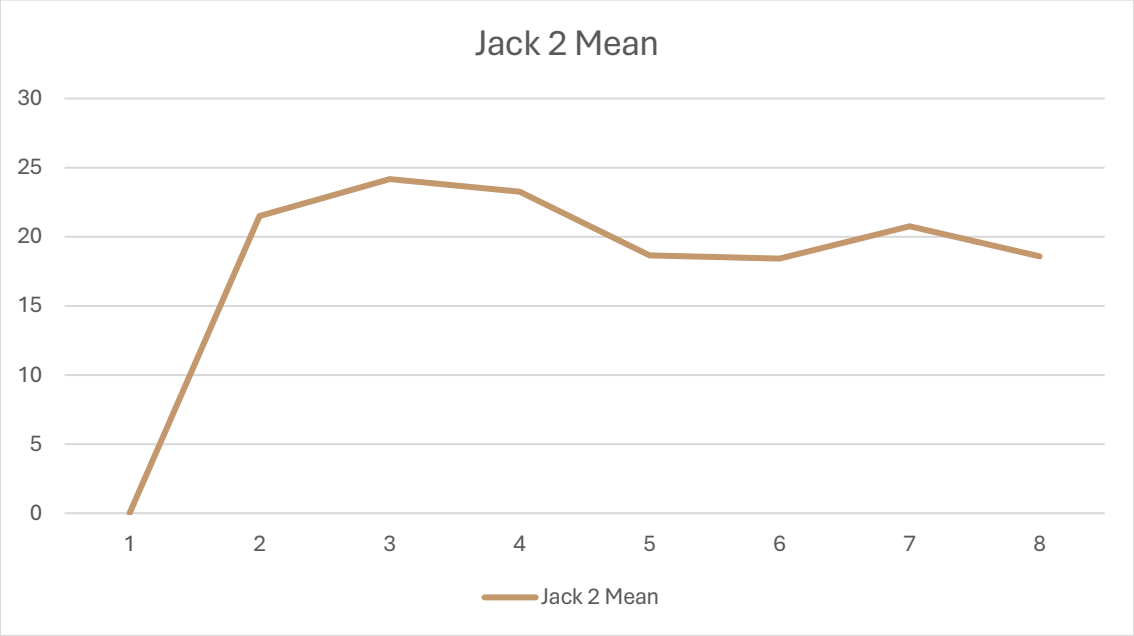


Gráfico 10. Curva de acumulación de fauna del área del Proyecto.

Para el área del Proyecto, al analizar la curva de acumulación de especies de fauna (Grafico 10), se observa un incremento abrupto entre las unidades de muestreo 1 al 2, pasando de 0 a 21 especies registradas. Posteriormente, la curva continúa ascendiendo hasta alcanzar 24 especies en la unidad de muestreo 9. Posteriormente, se presenta un descenso en la riqueza específica de especies, por lo que es poco probable que se registren nuevas especies. Lo anterior sugiere que el esfuerzo de muestreo aplicado es suficiente para representar adecuadamente la riqueza faunística del área de estudio. En consecuencia, la probabilidad de registrar nuevas especies mediante un aumento del esfuerzo de muestreo es baja, lo cual respalda la confiabilidad de la estimación obtenida.

La comparación entre el número de especies observadas según el inventario faunístico y las estimaciones derivadas de la curva de acumulación permite evaluar la eficiencia del esfuerzo de muestreo. En este contexto, es importante señalar que, cuando se obtiene un valor superior al 85 % de las especies esperadas, el muestreo se considera eficiente (Villarreal et al., 2006).

La eficiencia se determina mediante la relación entre la riqueza observada y la riqueza estimada, multiplicada por 100, lo que permite cuantificar el grado de representatividad del inventario faunístico respecto al total estimado para el área de estudio.

$$\text{Eficiencia}=\left(\frac{\text{Especies Observadas}}{\text{Especies Estimadas}}\right)*100$$

De conformdiad con la información en campo se tiene lo siguiente:

- En el SA se reportan 58 especies, mientras que el estimador Jacknife 2 indica un total de 68 especies.
- En el área del Proyecto se reportan 16 especies, mientras que el estimador Jacknife 2 indica un total de 18 especies.

Teniendo en cuenta lo anterior, y al realizar , la sustitución en la fórmula de eficiencia, se obtiene lo siguiente:

$$\textbf{Eficiencia}=\left(\frac{58}{68}\right)*100 = \textbf{85.29\%}$$

$$\textbf{Eficiencia}=\left(\frac{24}{25}\right)*100 = \textbf{96\%}$$

En función de este resultado, la eficiencia de muestreo alcanzada en el SA es de **85.29%** mientras que para el área del Proyecto fue de **96%**. Teniendo en cuenta esto, en ambas áreas de estudio el valor es superior al umbral del 85% propuesto por Villarreal *et al*. (2006), por lo tanto, se concluye que el esfuerzo de muestreo aplicado fue eficiente y representativo de la riqueza faunística de lás área de estudio.

4.2.2.3. Listado de especies de fauna

4.2.2.3.1. Listado de especies potenciales de fauna en el Sistema Ambiental

Para obtener un panorama más claro de la Fauna Potencial existente al interior del SA, se consultaron los registros de Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2025), presentes en los municipios donde se ubica el área de estudio, y a partir de ellos, realizar una extracción de la información acotada a la superficie del SA.

De acuerdo con lo anterior, se obtuvo que, dentro del SA se han registrado un total de 755 especies, distribuidas en 132 familias, donde la más representativa es la familia Turdidae con 39 especies (Gráfico 11). El listado de Fauna Potencial se presenta anexo a este DTU-B.

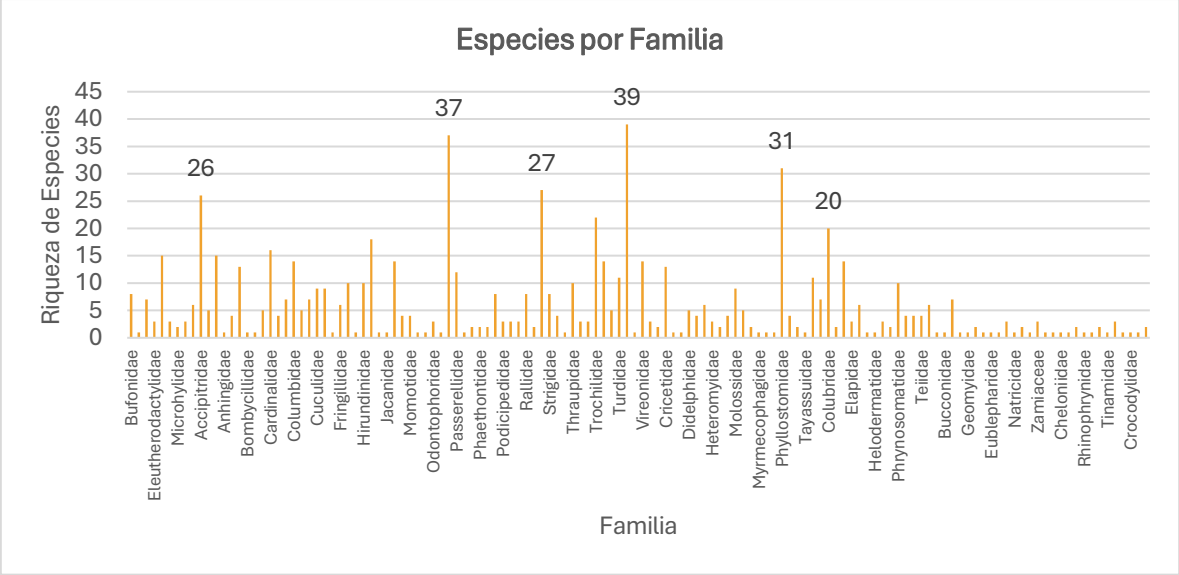


Gráfico 11. Riqueza de especies de fauna potencial en el SA.

4.2.2.3.2. Listado de especies de fauna muestreadas en el Sistema Ambiental

De conformidad con los trabajos realizados en campo, dentro del SA se identificaron un total de 58 especies de fauna, de las cuales, 44 pertenecen a aves, 6 a mamíferos, 7 a reptiles y 1 a anfibios (Grafico 12). En cuanto a la riqueza, las 58 especies pertenecen a 38 familias (Gráfica 13), donde Columbidae, Icteridae y Tyrannidae son las mejor representadas, con un total de 4 especies.

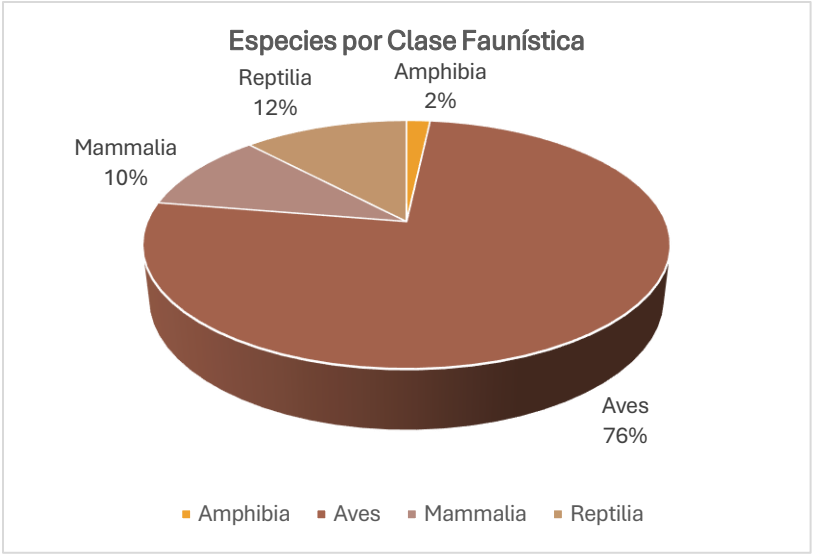


Gráfico 12. Riqueza de especies por clase faunística en el SA.

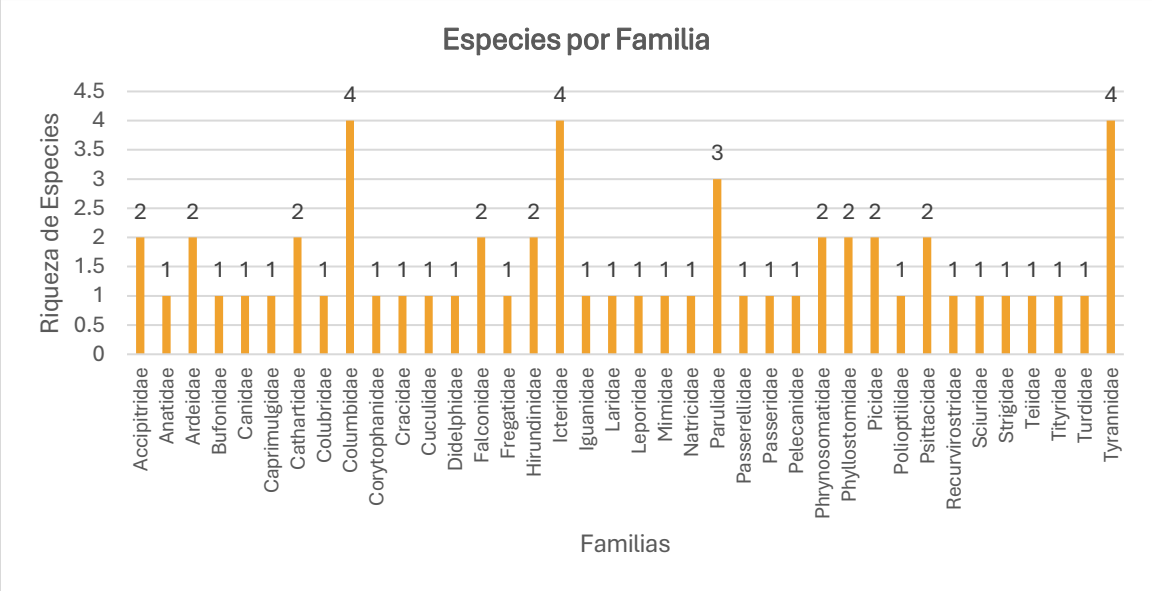


Gráfico 13. Riqueza de especies de fauna en el SA.

En la siguiente tabla, se presenta el listado de especies identificadas en el SA:

Clase	Familia	Especie	Nombre común
Amphibia	Bufonidae	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante
Aves	Accipitridae	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla negra menor
	Accipitridae	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera
	Anatidae	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije alas blancas
	Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca
	Ardeidae	*Ardea ibis*	Garza ganadera
	Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras Menor
	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura
	Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común
	Columbidae	*Columba livia*	Paloma doméstica
	Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga
	Columbidae	*Columbina talpacoti*	Tortolita canela
	Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma alas balancas
	Cracidae	*Ortalis leucogastra*	Chachalaca vientre blanco
	Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy
	Falconidae	*Caracara plancus*	Quebrantahuesos
	Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano
	Fregatidae	*Fregata magnificens*	Fragata Tijereta
	Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta
	Hirundinidae	*Progne chalybea*	Golondrina Pecho Gris
	Icteridae	*Dives dives*	Tordo cantor
	Icteridae	*Icterus pustulatus*	Calandria Dorso Rayado
	Icteridae	*Icterus spurius*	Calandria Castaña
	Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano
	Laridae	*Thalasseus maximus*	Charrán real

Clase	Familia	Especie	Nombre común
	Mimidae	*Mimus gilvus*	Centzontle tropical
	Parulidae	*Geothlypis trichas*	Mascarita común
	Parulidae	*Setophaga dominica*	Chipe garganta amarilla
	Parulidae	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo
	Passerellidae	*Peucaea ruficauda*	Zacatonero corona rayada
	Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión Doméstico
	Pelecanidae	*Pelecanus occidentalis*	Pelícano café
	Picidae	*Dryocopus lineatus*	Carpintero lineado
	Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje
	Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgris
	Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca
	Psittacidae	*Brotogeris jugularis*	Periquito Alas Amarillas
	Recurvirostridae	*Himantopus mexicanus*	Monjita Americana
	Strigidae	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño
	Tityridae	*Pachyramphus aglaiae*	Cabezón Degollado
	Turdidae	*Turdus grayi*	Mirlo Café
	Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso
	Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luisito común
	Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común
	Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano piriri
Mammalia	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorro gris
	Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache norteño
	Leporidae	*Sylvilagus floridanus*	Conejo serrano
	Phyllostomidae	*Artibeus lituratus*	Murciélago frugívoro gigante
	Phyllostomidae	*Uroderma convexum*	Murciélago
	Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla vientre rojo
Reptilia	Colubridae	*Drymobius margaritiferus*	Culebra corredora de Petatillos
	Corytophanidae	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado
	Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa
	Natricidae	*Thamnophis proximus*	Culebra acuática centroamericana
	Phrynosomatidae	*Sceloporus siniferus*	Lagartija espinosa de cola larga
	Phrynosomatidae	*Sceloporus variabilis*	Lagartija escamosa variable
	Teiidae	*Aspidoscelis deppii*	Huico siete líneas

Tabla 23. Listado de especies de fauna en el SA.

4.2.2.3.3. Listado de especies de fauna muestreadas en el área del Proyecto

De conformidad con los trabajos realizados en campo, se identificaron un total de 16 especies de fauna, de las cuales 11 pertenecen a aves, 2 a mamíferos y 3 a reptiles (Grafico 14). En cuanto a la riqueza, las 16 especies pertenecen a 13 familias (Gráfica 15), donde Tyrannidae, Columbidae y Phrynosomatidae son las mejor representadas, con un total de 2 especies cada una.



Gráfico 14. Riqueza de especies por clase faunística en el área de Proyecto.

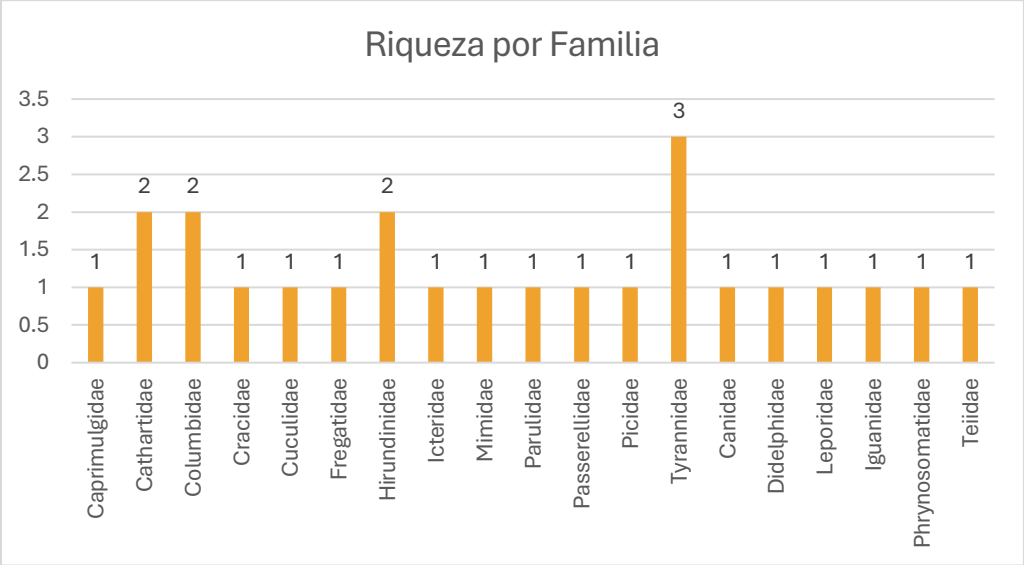


Gráfico 15. Riqueza de especies de fauna en el área de Proyecto.

En la siguiente tabla, se presenta el listado de especies identificadas en el área de Proyecto:

Clase	Familia	Nombre científico	Nombre común
Aves	Caprimulgidae	Chordeiles acutipennis	Chotacabras Menor
	Cathartidae	Cathartes aura	Zopilote aura
	Cathartidae	Coragyps atratus	Zopilote común
	Columbidae	Columbina inca	Tortolita Cola Larga
	Columbidae	Zenaida asiatica	Paloma alas balancas
	Cracidae	Ortalis leucogastra	Chachalaca vientre blanco
	Cuculidae	Crotophaga sulcirostris	Garrapatero pijuy
	Fregatidae	Fregata magnificens	Fragata Tijereta
	Hirundinidae	Hirundo rustica	Golondrina tijereta

Clase	Familia	Nombre científico	Nombre común
	Hirundinidae	Progne chalybea	Golondrina Pecho Gris
	Icteridae	Quiscalus mexicanus	Zanate mexicano
	Mimidae	Mimus gilvus	Centzontle tropical
	Parulidae	Setophaga petechia	Chipe amarillo
	Passerellidae	Peucaea ruficauda	Zacatonero corona rayada
	Picidae	Melanerpes aurifrons	Carpintero cheje
	Tyrannidae	Megarynchus pitangua	Luis pico gueso
	Tyrannidae	Myiozetetes similis	Luisito común
	Tyrannidae	Tyrannus melancholicus	Tirano piriri
Mammalia	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorro gris
	Didelphidae	Didelphis marsupialis	Tlacuache sureño
	Leporidae	*Sylvilagus floridanus*	Conejo serrano
Reptilia	Iguanidae	Ctenosaura similis	Iguana negra de cola espinosa
	Phrynosomatidae	Sceloporus siniferus	Lagartija espinosa de cola larga
	Teiidae	Aspidoscelis deppii	Huico siete líneas

Tabla 24. Listado de especies de fauna en el área de Proyecto.

4.2.2.3.4. Especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III

De acuerdo con la riqueza faunística identificada en campo en el SA, se encontraron 6 especies listadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III, donde 3 especies se encuentran Sujetas a Protección Especial y 3 especies en Amenazadas, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

Clase	Familia	Especie	Nombre común	NOM-059
Aves	Accipitridae	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla negra menor	Pr
Aves	Cracidae	*Ortalis leucogastra*	Chachalaca vientre blanco	Pr
Aves	Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	Pr
Aves	Psittacidae	*Brotogeris jugularis*	Periquito Alas Amarillas	A
Reptilia	Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	A
Reptilia	Natricidae	*Thamnophis proximus*	Culebra acuática centroamericana	A

Tabla 25. Especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el SA.

**NOM-059= Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III; Pr= Sujeta a protección especial; A= Amenazada.*

En lo que respecta al área del Proyecto, se observaron dos especies de fauna listadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III en la categoría de Amenazada, la cual se presentan a continuación:

Clase	Familia	Especie	Nombre común	NOM-059
Reptilia	Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	A (Amenazada)
Aves	Cracidae	*Ortalis leucogastra*	Chachalaca vientre blanco	Pr (Sujeta a protección especial)

Tabla 26. Especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el área del Proyecto.

4.2.3. Medio socioeconómico

4.2.3.1. Demografía

De conformidad con los datos del Censo de Población y Vivienda del INEGI (2021), la población del municipio de Tonalá asciende a 91,913 habitantes, de los cuales 50.73% son mujeres y 49.27% son hombres. Mientras que la población en Puerto Arista es de 958 habitantes, conformado por 480 mujeres y 478 hombres.

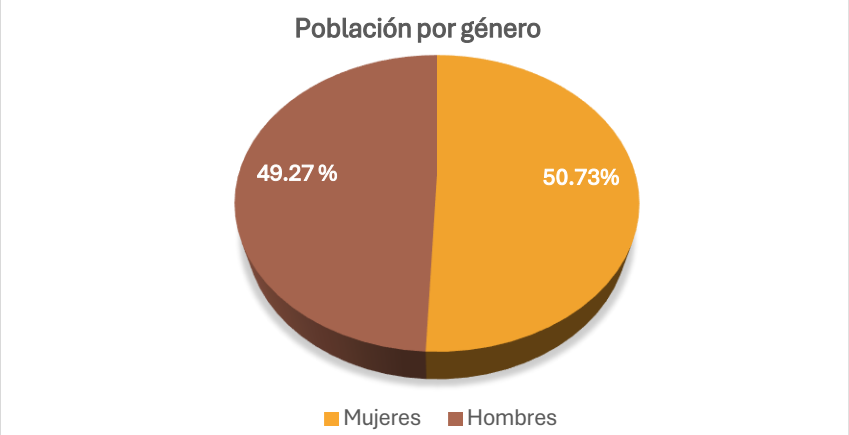


Gráfico 16. Porcentaje de la población por género del municipio de Tonalá.

En el municipio, el porcentaje de población que habla alguna lengua indígena es de 0.37%, siendo las más frecuentes lenguas zapotecas y Tseltal. Por su parte, el 0.84% de la población se considera afromexicana, negra o afrodescendiente. El 98.5% de personas entre 15 a 24 años saben leer y escribir; mientras que solo el 8.8% de la población no tiene algún nivel de escolaridad terminada.

- **Crecimiento y distribución de la población**

Entre el periodo del año 2010 al 2020, la población incrementó un 0.3%. Se tiene un registro de 25,567 viviendas particulares habitadas, con un promedio de 3.6 ocupantes por vivienda. Además, se tiene registro del nacimiento de 2.6 hijos nacidos vivos en promedio.

- **Estructura por sexo y edad**

De acuerdo con el INEGI (2020), el 49.3% de la población total son hombres y 50.7% son mujeres.

Grupo de Edades	Total	Hombres	Mujeres
0 a 14 años	25,307	12,936	12,371
15 a 64 años	58,493	28,304	30,189
Más de 65 años	8,104	4,036	4,068
No Especificado	9	5	4
Total	91,913	45,281	46,632

Tabla 27. Distribución de la Población por Edad y Sexi en Tonalá, Chiapas.

- **Natalidad y mortalidad**

Para 2020, se reportan un promedio de 1.7 hijas(os) nacidas(os) con vida. Por su parte, se reporta un porcentaje de 3.0% de hijas(os) fallecidas(os).

- **Migración**

El INEGI (2021) en su Censo Nacional de Población, indica que 3.6% de la población tenía un lugar de residencia distinto en el 2015. Las causas de la migración son por trabajo con un 24.3%, el 59.6% es Familiar, el 4.9% por causas de estudio, el 3.0% es por inseguridad y el 8.1% por otras causas.

4.2.3.2. Características económicas

En el tercer trimestre de 2024, la tasa de participación laboral en **Chiapas** fue 53.8%, lo que implicó una disminución de 0.69 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior (54.4%). La tasa de desocupación fue de 1.97% (43.9 personas), lo que implicó un aumento de 0.4 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior (1.57%).

En relación a la PEA para Tonalá, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020, el 62.9% de la población del municipio se encuentra económicamente activa.

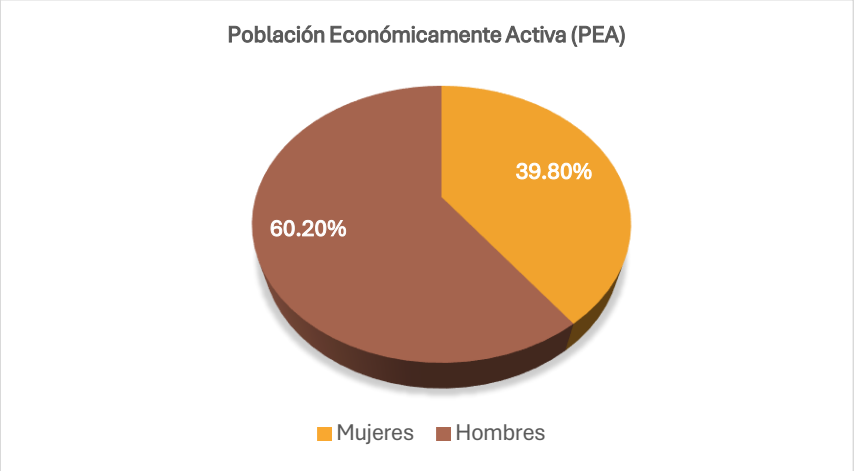


Gráfico 17. Población económicamente activa del municipio de Tonalá.

A nivel municipal, las principales actividades económicas son la ganadería, la pesca, el comercio y el turismo. Para este último, la localidad de Puerto Arista se ubica entre los principales centros turísticos del municipio, junto con Playa del Sol, Boca del Cielo, Madresal y la zona arqueológica de Iglesia Vieja. De manera local, como se mencionó previamente, en Puerto Arista los pobladores practican la pesca y oferta de servicios del sector turístico.

En cuanto a la población no activa económicamente, correspondiente al 36.8% de la población de Tonalá, las principales actividades no económicas son las siguientes:

- 33.6% Estudiantes

- 47.9% Personas dedicadas a los quehaceres de su hogar.
- 5.1% Pensionados(os) o jubiladas (os).
- 7.2% Personas con alguna limitación física o mental que les impide trabajar.
- 6.2% Personas en otras actividades no económicas.
- 0.3% Población con condición de actividad no especificada.

4.2.3.3. Medio sociocultural

Tonalá se ubica en la costa sudoeste del Estado de Chiapas y forma parte de la región del Soconusco. El municipio, desde la época prehispánica, ha estado ligado a la región histórica del Soconusco, que originalmente abarcó desde el Río Las Arenas, en el actual municipio de Arriaga, hasta el Río Tilapa, en la actual Guatemala, limitando al norte con la Sierra Madre de Chiapas. Es a partir de las conquistas del General Tliltotl, por órdenes del Tlatoani Ahuízotl, esto a fines del 1490, que Tonalá aparece en los escritos mexicas, pues son éstos quienes le imponen tal nombre.

Se caracteriza por una rica mezcla de tradiciones prehispánicas y mestizas, con una fuerte influencia de la cultura costeña. La economía local se basa en la pesca, la agricultura (especialmente mango), la ganadería y el turismo de baja intensidad, con playas como Puerto Arista y Boca del Cielo como principales atractivos. La danza de los Tastoanes y la Feria de San Francisco de Asís son expresiones culturales importantes, mientras que la zona arqueológica de Iglesia Vieja atestigua el pasado prehispánico de la región.

4.2.4. Paisaje

Las valuaciones paisajísticas constituyen herramientas analíticas orientadas a determinar la condición actual y el valor escénico de las unidades ambientales, mediante la evaluación de un conjunto de indicadores ambientales, territoriales y socioculturales. Estos análisis permiten identificar las características perceptuales y funcionales del territorio, así como su calidad visual y su relevancia en términos de apreciación paisajística.

El paisaje puede definirse como el sistema resultante de las interrelaciones dinámicas entre factores bióticos, abióticos y antrópicos, las cuales configuran una estructura territorial compleja. Dichas interacciones generan un entorno susceptible de ser percibido a través de distintos canales sensoriales, principalmente visual, auditivo y olfativo, lo que contribuye a la construcción de la experiencia perceptual del observador.

De acuerdo con Zambrano y Gonzáles (2002), el paisaje visual corresponde a un espacio determinado por la percepción del observador, predominantemente mediada por el sentido de la vista. Este espacio se delimita por el campo visual existente desde un punto de observación específico y se caracteriza por los elementos susceptibles de ser identificados visualmente. Su análisis puede realizarse considerando:

1. Componentes naturales, tales como las formas del relieve, la cobertura vegetal, los afloramientos rocosos y la presencia de cuerpos de agua;
2. Elementos derivados de la actividad humana, particularmente los asociados al uso del suelo, incluyendo edificaciones, infraestructura y modificaciones antrópicas del territorio; y
3. Factores estéticos, vinculados con la respuesta cognitiva y perceptual del observador frente a atributos visuales como formas, escalas, texturas y colores.

Para el presente estudio, la caracterización del paisaje se realizó con base en la metodología propuesta por Zambrano y Gonzáles (2002), la cual plantea un modelo de evaluación visual destinado a identificar y representar las cualidades paisajísticas territoriales del área de estudio. A continuación, se presentan los parámetros y elementos considerados para la evaluación de los criterios paisajísticos.

	Parámetro	Elemento
Valores Paisajísticos	Unidad Visual (UV)	Abiótico
		Biótico
		Antrópico
	Organización Visual (OV)	Contraste visual
		Dominancia visual
	Calidad Visual (CV)	Diversidad
		Naturalidad
		Singularidad
		Complejidad topográfica
		Superficie y límite de agua
		Actuaciones humanas
		Degradación de la capacidad visual
	Calidad Escénica (CE)	Morfología
		Vegetación
		Formas de agua
		Color
		Fondo escénico
		Rareza
		Actuación humana

Tabla 28. Criterios para evaluación visual del paisaje.

La valoración de los elementos paisajísticos se realiza mediante una clasificación cualitativa ordinal, con el propósito de asignar un puntaje que refleje la relevancia escénica de cada componente analizado dentro del área de estudio. La categorización se establece de la siguiente manera:

- **Alta**: Corresponde a áreas que concentran condiciones o atributos excepcionales en relación con el elemento evaluado, destacando por su elevada calidad escénica, singularidad o alto grado de conservación. A esta categoría se le asigna un valor de 5.

- **Media**: Incluye áreas que presentan una combinación de características sobresalientes en algunos aspectos y condiciones comunes en otros, lo que refleja una calidad paisajística intermedia dentro del contexto regional. A esta categoría se le asigna un valor de 3.
- **Baja**: Comprende áreas que manifiestan características ordinarias o ampliamente distribuidas dentro de la región fisiográfica analizada, sin atributos distintivos relevantes desde el punto de vista escénico. A esta categoría se le asigna un valor de 1.

Cada parámetro paisajístico es evaluado mediante un análisis cualitativo, a partir del cual se asignan valores que permiten obtener índices globales de valoración para cada componente considerado. La integración de dichos valores se realiza conforme a los rangos de clasificación establecidos, los cuales se presentan a continuación.

Calidad Paisajística	Rango
Baja	28 – 37
Regular	38 – 47
Buena	48 – 57
Alta	58 – 67
Muy Alta	68 - 78

Tabla 29. Valoración de la calidad paisajística.

Para la valoración de los elementos asociados a cada parámetro paisajístico, se aplican criterios de evaluación cualitativa basados en las características perceptibles dentro del paisaje. Dichos criterios consideran principalmente los atributos observables desde el punto de vista visual, permitiendo identificar la presencia, calidad, singularidad y grado de conservación de los componentes que integran el entorno.

Elemento	Parámetros de Valoración Alto	Medio	Bajo
Unidad Visual (UV)			
Abiótico	Predominio de elementos físicos influyentes en la calidad, composición de una escena.	Elementos que dan cierta calidad a la escena, pero que por su atractivo tiene valor medio.	Elementos poco notorios y que disminuyen la calidad de la composición, teniendo un paisaje poco atractivo.
Biótico	Predominio de elementos bióticos, influyentes en la composición de la escena.	Elementos que dan cierta calidad a la escena, pero por su atractivo tiene valor medio.	Elementos poco notorios y que disminuyen la calidad de la composición, paisaje poco atractivo.
Antrópico	Predominio de elementos antrópicos, influyentes en la calidad de la escena.	Elementos que proporcionan cierta calidad a la escena.	Elementos que disminuyen la calidad del paisaje haciéndolo poco atractivo.
Organización Visual (UV)			
Contraste Visual	Contraste alto entre elementos dominantes del paisaje.	Contraste medio entre los elementos.	Bajo contraste entre cada uno de los elementos que integran la unidad visual.

Parámetros de Valoración			
Elemento	Alto	Medio	Bajo
Dominancia Visual	Dominio total de la apreciación del paisaje.	Dominio parcial de los elementos.	Presencia de un elemento de la forma negativa dentro de la unidad visual.
Calidad Visual (CV)			
Diversidad	Gran variedad de elementos biofísicos y características visuales.	Diversidad media de vegetación, presencia de actividades humanas.	Escasa diversidad del paisaje
Naturalidad	Integración con características naturales.	Poca intervención humana en la naturaleza.	Naturaleza altamente modificada.
Singularidad	Presencia de elementos con alto grado de atractivo visual.	Escaso grado de atractivo visual	Presencia de elementos que pasan desapercibidos.
Complejidad topográfica	Presencia de un relieve montañoso notorio.	Formas montañosas con poco dominio.	Colinas suaves y ondulaciones poco notorias.
Superficie y límite de agua	Presencia en mayor escala de agua en el paisaje.	Presencia de agua en manera moderada.	Escasa presencia de agua, o casi nula.
Actuaciones humanas	Actuaciones humanas que estéticamente no afectan el entorno.	Actuaciones humanas armoniosas sin calidad escénica.	Modificaciones intensas que reducen la calidad escénica.
Degradación de la capacidad visual	Organización o equilibrio de los diferentes elementos del paisaje.	Existe una cierta armonía entre la distribución de los elementos.	Desorganización de todos los elementos.
Calidad Escénica (CE)			
Morfología	Relieve con pendientes del 60% marcado y predominante o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante.	Pendientes entre 30- 60%. Formas erosivas interesantes variadas, Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales.	Pendientes entre 0- 30% colinas suaves, fondos de valles planos, pocos o ningún detalle singular, sin rasgos dominantes.
Vegetación	Grandes masas boscosas, gran variedad de tipos de vegetación, con formas texturas y distribución interesantes.	Cubierta vegetal casi continúa. Poca variedad en la distribución de la vegetación, diversidad de especies media.	Cubierta vegetal continúa. Poca o ninguna variedad en distribución de la vegetación o contraste.
Formas de agua	Factor dominante en el paisaje, apariencia limpia y clara, aguas blancas o grandes láminas de agua en reposo. Formaciones hídricas excepcionales.	Agua en movimiento o en reposo, pero no dominante en el paisaje, con características bastante comunes en su recorrido y caudal.	Torrentes y arroyaos intermitentes con poca variación en caudal, lagos pequeños, regulares y sin reflejo ausente o inapreciable.
Color	Combinaciones de color intensas y variadas, o contrastes agradables	Alguna variedad e intensidad en los colores y contraste del suelo, rocas y	Muy poca variación de color o contraste. Colores apagados.

Elemento	Parámetros de Valoración		
	Alto	Medio	Bajo
	entresuelo, vegetación, roca, agua y/o nieve.	vegetación, pero no actúa como elemento dominante.	
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual del conjunto.	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto.
Rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región.	Característico, aunque similar a otros en la región.	Bastante común en la región
Actuación humana	libre de actuaciones estéticamente no deseadas o modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual.	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan calidad escénica.

Tabla 30. Parámetros de valoración para elementos paisajísticos.

Para la evaluación paisajística del SA y del área del Proyecto, se empleó una imagen satelital de alta resolución, obtenida y analizada mediante la plataforma Google Earth Pro, así como fotografías áreas de la zona, las cuales permitieron realizar la interpretación visual y delimitación espacial de los elementos que conforman el paisaje dentro del área de estudio.

De manera complementaria, se integraron diversas capas temáticas geoespaciales, las cuales facilitaron el análisis de los componentes abióticos del paisaje, tales como la morfología del terreno, la hidrografía y otros rasgos físicos relevantes. La incorporación de estos insumos cartográficos permitió fortalecer el proceso de caracterización y evaluación paisajística, proporcionando una base técnica para la identificación y análisis de los distintos elementos que estructuran el paisaje en el área evaluada.

A continuación, se presenta la valoración de los distintos elementos considerados para la caracterización del paisaje dentro de ambas áreas de estudio:

Parámetro	Elemento	Valoración	
		SA	Proyecto
Unidad Visual (UV)	Abiótico	1	1
	Biótico	3	3
	Antrópico	3	3
Subtotal		7	7
Organización Visual (OV)	Contraste visual	3	1
	Dominancia visual	3	1
Subtotal		6	2
Calidad Visual (CV)	Diversidad	3	1
	Naturalidad	3	1
	Singularidad	3	1

Parámetro	Elemento	Valoración	
		SA	Proyecto
	Complejidad topográfica	1	1
	Superficie y límite de agua	5	5
	Actuaciones humanas	3	3
	Degradación de la capacidad visual	3	3
Subtotal		21	16
Calidad Escénica (CE)	Morfología	3	1
	Vegetación	3	1
	Formas de agua	5	5
	Color	3	1
	Fondo escénico	3	1
	Rareza	3	1
	Actuación humana	3	1
Subtotal		23	11
Total		57	36

Tabla 31. Valoración paisajística del SA y del área de Proyecto.

De acuerdo con la valoración realizada, en el SA se obtuvo una calificación de 57, lo que corresponde a una categoría de calidad paisajística **Buena**. Este resultado se explica por la presencia de un grado medio de antropización, condición que incide en la disminución de la calidad escénica de los remanentes de vegetación natural presentes al interior del área evaluada. Asimismo, acepta modificaciones en su estructura, sin afectar de manera significativa su valor visual, pero deben tenerse elementos de supervisión que eviten el desgaste o la sobresaturación del sistema, configurando unidades del paisaje con un atractivo visual de carácter medio.

En lo que respecta al área del Proyecto, de acuerdo con la valoración realizada, se obtuvo una calificación de 36, lo que corresponde a una categoría de calidad paisajística **Baja**. Esta clasificación se atribuye al alto grado de antropización presente en el área de estudio, lo cual reduce significativamente la calidad escénica debido a la escasa presencia de elementos naturales remanentes en su interior. Asimismo, las alteraciones asociadas a diversas actividades económicas, así como infraestructura inmobiliaria desarrolladas en las inmediaciones contribuyen a la simplificación de la estructura del paisaje, dando lugar a una unidad territorial con limitado atractivo visual.

4.4. Diagnóstico Ambiental

El Proyecto consiste en la ejecución del CUSTF para la ejecución de un proyecto que resultará en una casa habitación. De acuerdo con las características biofísicas y de contexto territorial del área de estudio, el sitio seleccionado cumple con los criterios técnicos requeridos para el adecuado desarrollo y operación del Proyecto. De acuerdo con el uso de suelo y vegetación se establece como Desprovisto de Vegetación (INEGI, 2021) dada su transformación por actividades antropogénicas a lo largo de los años a fin de establecer la localidad de Puerto

Arista. De esta manera, los alrededores de la zona en la que se encuentra el proyecto actualmente, ya se han visto impactados a lo largo del tiempo y muestran similitudes a las obras y actividades del proyecto en estudio, mostrando resiliencia a estas.

De acuerdo a los Programas de Desarrollo y Ordenamientos Territoriales descritos en el Capítulo 3, la zona es apta para el desarrollo de actividades de la misma índole al Proyecto, ya que en la zona se observan tanto viviendas y comercios, así como inmuebles del sector hotelero y casas de descanso, aunado al acceso a los servicios básicos de vivienda, medios y vías de transporte. De esta forma, se considera que el proyecto se integrará a un medio físico y social compatible con su desarrollo. De la misma manera, no se encuentra en conflicto con creencias, ideologías, costumbres, con grupos étnicos, ni tradiciones religiosas de la región.

El Proyecto contempla la implementación de medidas de prevención, mitigación y manejo ambiental, incluyendo tanto las propuestas en el presente documento como aquellas que, en su caso, determine la autoridad ambiental competente. Estas acciones estarán orientadas a reducir los impactos ambientales potenciales derivados de la ejecución del Proyecto, evitando la generación de daños críticos al medio natural. Entre las medidas propuestas, se encuentran aquellas actividades que garanticen la preservación y conservación de la Flora y Fauna Silvestre. Asimismo, se ejecutará un Programa de Conservación de Suelos y Agua por medio de la Reforestación con especies nativas para la disminución de la erosión y la compensación en el déficit de la infiltración y la pérdida sobre la captura del Carbono.

Finalmente, el área donde se plantea el desarrollo del Proyecto presenta condiciones territoriales, ambientales y normativas que permiten la ejecución de las obras sin generar riesgos significativos. Asimismo, su implementación es compatible con los instrumentos de planeación vigentes, incluyendo los Programas de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Territorial aplicables. Considerando los puntos expuestos anteriormente, se considera que el Proyecto es **viable** desde el punto de vista ambiental.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
MODALIDAD B (DTU-B)

“CASA DE PLAYA, UBICADA EN PUERTA ARISTA, MUNICIPIO DE TONALÁ, CHIAPAS”

CAPÍTULO 5. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

PROMOVENTE: MANUEL FRANCISCO ANTONIO PARIENTE GAVITO

MAYO, 2026

Contenido

CAPÍTULO 5. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 1
5.1. Identificación de impactos 1
5.1.1. Metodología 1
5.2. Caracterización de los impactos 2
5.2.1. Metodología para la valoración de los impactos ambientales 2
5.3. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 9
5.3.1. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN 10
5.3.2. MATRIZ CRIBADA 12
5.3.3. MATRIZ DE VALORACIÓN 14
5.3.4. MATRIZ DE IMPORTANCIA DEPURADA 18
5.3.4. MATRIZ DE IMPORTANCIA PONDERADA 21
5.4. Conclusiones 25

Lista de Tablas

Tabla 1. Etapas y actividades del proyecto. 2
Tabla 2. Criterios de Calificación para los Impactos Ambientales. 3
Tabla 3. Descripción de Elementos de la Matriz de Importancia. 5
Tabla 4. Algoritmo de Importancia de los Impactos Ambientales. 5
Tabla 5. Asignación de UIP de los Medios. 7
Tabla 6. Distribución de Unidades de Importancia Ponderadas. 8
Tabla 7. Matriz de identificación 11
Tabla 8. Matriz cribada 13
Tabla 9. Matriz para las etapas de la preparación que incluye el cambio de uso de suelo en terrenos forestales. 14
Tabla 10. Matriz con etapas de Prevención, mitigación y compensación (primera parte). 14
Tabla 11. Matriz con etapas de Prevención, mitigación y compensación (segunda parte) 15
Tabla 12. Matriz con etapas de Prevención, mitigación y compensación (tercera parte) 15
Tabla 13. Matriz con etapas de Supervisión y monitoreo ambiental y abandono del sitio. 16
Tabla 14. Matriz con etapas de operación y mantenimiento. 16

Tabla 15. Matriz con etapas de construcción.....17
Tabla 16. Matriz de importancia depurada final. 19
Tabla 17. Matriz de importancia ponderada.....24

CAPÍTULO 5. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

5.1. Identificación de impactos

Uno de los propósitos principales del Documento Técnico Unificado (DTU) es identificar, describir y evaluar los posibles impactos ambientales que podrían surgir durante la ejecución del Proyecto. Esto se hace con el fin de estimar la magnitud de dichos impactos y determinar cómo influirán en el entorno, así como comprender el grado de afectación que este podría enfrentar. Para lograrlo, es fundamental contar con un modelo que permita evaluar los impactos ambientales de manera sistemática, utilizando indicadores consistentes.

Este modelo de evaluación abarca tanto la determinación de la intensidad de los impactos como la valoración de la eficacia de las acciones implementadas para mitigar o eliminar dichos efectos, buscando que se mantengan dentro de límites aceptables, en función de la capacidad del medio para sostenerlos. El análisis realizado incluye una serie de consideraciones obtenidas a partir del uso de matrices de impacto, su ponderación, comparación y síntesis.

5.1.1. Metodología

Para poder realizar la identificación y valoración de impactos, es necesario analizar el Proyecto por etapas, con la finalidad de identificar los impactos potenciales que pudieran surgir en las actividades contempladas en cada una de las etapas. En la gráfica siguiente, se pueden observar las etapas que conforman el proyecto.

Etapa	Actividades
Preparación del sitio	Trazo y delimitación del área de proyecto
	Desmonte y deshierbe de vegetación
	Despalme de la vegetación
	Limpieza y acarreo
Construcción	Trazo y delimitación
	Excavación, nivelación y cimentación
	Instalación de redes de servicio
	Estructura vertical y horizontal
	Acabados e instalaciones finales
Medidas de prevención, mitigación y compensación	Medidas de prevención y mitigación
	Ahuyentamiento de Fauna Silvestre
	Capacitación y concientización ambiental
	Manejo integral de residuos
	Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos
	Seguridad e higiene
	Aplicación de NOM's
	Colocación de letreros
	Obra de conservación de suelo y agua

Etapa	Actividades
	Programa de reforestación
	Programa de rescate y reubicación de Flora
	Programa de rescate y reubicación de Fauna
Supervisión, vigilancia y monitoreo ambiental	Supervisión ambiental: - Vigilancia y monitoreo de actividades - Bitácoras de actividades - Informes de Actividades - Seguimiento de la reforestación - Seguimiento y mantenimiento de las obras de conservación de suelo y agua - Seguimiento de la reubicación de flora silvestre
Abandono del sitio	Retiro de materiales, equipo y maquinaria
	Limpieza general
Operación y mantenimiento	Operación de las instalaciones
	Mantenimiento de las instalaciones

Tabla 1. Etapas y actividades del proyecto.

5.2. Caracterización de los impactos

5.2.1. Metodología para la valoración de los impactos ambientales

Para evaluar e identificar los impactos ambientales del Proyecto, se aplicó el método de matriz causa-efecto desarrollado por CONESA-VITORA, el cual se basa en la matriz de Leopold, pero con un enfoque cualitativo. Este método permite valorar las modificaciones que el Proyecto genera en el ambiente mediante la evaluación del signo, la intensidad y la magnitud de dichos efectos. Una vez definidas las actividades del Proyecto y los elementos ambientales involucrados, se elaboraron cuatro matrices específicas:

- **Matriz de Identificación de Impactos.** Para reconocer los impactos potenciales.
- **Matriz Cribada de Impactos.** En donde se filtran los impactos relevantes.
- **Matriz de Importancia.** Se utiliza en la determinación de la importancia de los impactos.
- **Matriz de Valoración Absoluta y Relativa.** Para establecer su valor absoluto y relativo.

Matriz de Identificación de Impactos

Es de tipo causa-efecto y consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuran las acciones impactantes, y dispuestas en filas, los factores ambientales susceptibles de recibir impactos. Como se muestra en la Matriz 2, para su ejecución es necesario identificar las acciones que puedan causar impactos sobre una serie de factores del medio, es decir, determinar la matriz de identificación de efectos como se muestra en la Matriz 1. Ambas matrices nos permiten identificar, prevenir y comunicar los efectos del Proyecto en el medio afectado, para posteriormente, obtener una valoración de estos para cada etapa considerada.

Matriz de Importancia

Una vez determinadas las acciones del proyecto y los componentes del entorno que podrían verse afectados, se procede a una valoración cualitativa a través de la Matriz de Importancia. Esta herramienta permite estimar el efecto de cada acción sobre los distintos factores ambientales involucrados. La matriz mide la importancia (I_{ij}) del impacto ambiental generado por una acción específica (A_i) sobre un factor ambiental particular (F_j), a partir del grado cualitativo en que se manifiesta ese efecto. Dicha importancia se establece como una medida relativa que refleja la intensidad o incidencia del impacto y se evalúa considerando diversas características del efecto, como su alcance, tipo, duración, permanencia, posibilidad de reversión o recuperación, así como su interacción con otros impactos, acumulación y frecuencia. Con base en este enfoque, se definen los criterios que se aplicarán para valorar los impactos ambientales del proyecto.

Impacto Ambiental	**Signo**	Positivo (+)		Negativo (-)
	Grado de Incidencia			**Intensidad**
	Valor	Importancia *(Grado de manifestación cualitativa)*	**Caracterización**	Extensión Plazo de manifestación Persistencia Reversibilidad Sinergia Acumulación Efecto Periodicidad Recuperabilidad
		Magnitud	Cantidad	
			Calidad	

Tabla 2. Criterios de Calificación para los Impactos Ambientales.

Parámetro	Descripción
Signo	El signo de impacto alude al carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.
Intensidad (I)	Se refiere al grado de incidencia o destrucción sobre el factor ambiental, en el ámbito específico en que se actúa. El rango de valoración está comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto, y el 1 una afectación mínima. Los valores comprendidos entre estos dos términos reflejarán situaciones intermedias.
Extensión (EX)	Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del Proyecto (porcentaje del área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considerará que el efecto tiene un carácter Puntual (1). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del Proyecto, teniendo las situaciones intermedias, según su matiz, como impacto Parcial (2) y Extenso (4). En caso de que el efecto sea puntal, pero se produzca en un lugar crítico, se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondería.
Momento (MO)	El momento o plazo de manifestación del impacto, tiempo que transcurre entre la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerando. Así pues, cuando el tiempo transcurrido sea Nulo o a Corto Plazo se le asignará en ambos casos un valor (4), si es un periodo de tiempo a Medio Plazo (2), y si el efecto es a Largo Plazo, el valor asignado es (1).

Parámetro	Descripción
	Si concurriese alguna circunstancia que hiciese critico el momento del impacto, cabría atribuirle un valor de una o cuatro unidades por encima de las especificadas.
Persistencia (PE)	Se refiere al tiempo que, supuestamente permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previa a la acción, por medio naturales o mediante la introducción de medidas correctoras. Si se produce en efecto Fugaz, se asigna como valor (1). Si es Temporal (2); y si el efecto es Permanente, el valor asignado será (4). La persistencia es independiente de la reversibilidad. Los efectos fugaces y temporales son siempre reversibles o recuperables. Los efectos permanentes pueden ser reversibles, recuperables o irrecuperables.
Reversibilidad (RV)	Se refiere a la posibilidad de la reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que estas dejan de actuar sobre el medio. Si es a Corto Plazo, se le asigna un valor (1), si es a Medio Plazo (2), y si el efecto es Irreversible le asignamos el valor (4).
Recuperabilidad (RC)	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del Proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras). Si el efecto es totalmente recuperable, se le asigna un valor (1) o (2), según lo sea de manera inmediata o a mediata o a mediano plazo, si lo es parcialmente, el efecto es mitigable, y toma un valor (4) cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural, como por la humana) le asignamos un valor (8). En el caso de ser irrecuperable, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será (4). Se hace notar que también es posible, mediante la aplicación de medidas correctoras, disminuir el tiempo de retorno a las condiciones iniciales previas a la implantación de la actividad por medio naturales, o sea, acelerar la reversibilidad, y lo que es lo mismo disminuir la persistencia.
Sinergia (SI)	Este atributo contempla la interacción de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que la provocan actúan de manera independiente, no simultánea. Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma el valor (1), si presenta un sinergismo moderado (2) y si es altamente sinérgico (4).
Acumulación (AC)	Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como (1). Si el efecto producido es acumulativo, el valor se incrementa a (4).
Efecto (EF)	Se refiere a la relación causa-efecto, es decir, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Este término toma el valor de (1) en caso de que el efecto sea secundario y el valor (4) cuando sea directo.
Periodicidad (PR)	La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo). A los efectos continuos se les asigna un valor (4), a los periódicos (2) y a los de aparición irregular, que deben evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia, y a los discontinuos (1).

Tabla 3. Descripción de Elementos de la Matriz de Importancia.

Asimismo, la valoración de cada uno de los criterios descritos con anterioridad, y el algoritmo utilizado para calcular cada uno de los impactos ambientales que generará el Proyecto se presenta enseguida:

Atributos para Valoración de Impactos			
Naturaleza		**Intensidad (IN)** *(Grado de destrucción, construcción, regeneración o recuperación)*	
Impacto benéfico	+	Baja o mínima	1
		Media	2
Impacto perjudicial	-	Alta	4
		Muy alta	8
Extensión (EX) *(Área de influencia)*		**Momento (MO)** *(Plazo de manifestación)*	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Amplio o Extenso	4	Corto plazo	3
Total	8	Inmediato	4
Crítico	(+4)	Crítico	(+4)
Persistencia (PE) *(Permanencia del efecto)*		**Reversibilidad (RV)** *(Incremento progresivo)*	
Fugaz o efímero	1	Corto plazo	1
Momentáneo	1	Medio plazo	2
Temporal o transitorio	2	Largo plazo	3
Pertinaz o persistente	3	Irreversible	4
Permanente y constante	4		
Sinergia (SI) *(Potenciación de la manifestación)*		**Acumulación (AC)** *(Incremento progresivo)*	
Sin sinergismo o simple	1	Simple	1
Sinergismo moderado	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
Efecto (EF) *(Relación causa-efecto)*		**Periodicidad (PR)** *(Regularidad de la manifestación)*	
Indirecto o secundario	1	Irregular*	1
Directo o primario	4	Periódico o Intermitente	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC) *(Reconstrucción por medios naturales)*		**Importancia (I)** *(Grado de manifestación cualitativa)*	
Recuperable de manera inmediata	1	$\boldsymbol{I} = \pm(3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$	
Recuperable a corto plazo	2		
Recuperable a mediano plazo	3		
Recuperable a largo plazo	4		
Mitigable, sustituible y compensable	4		
Irrecuperable	8		

** En caso de que así se requiera, la relevancia de la manifestación de impacto, a los impactos irregulares, se les asignará un valor superior al establecido, pudiendo ser 4.*

Tabla 4. Algoritmo de Importancia de los Impactos Ambientales.

De esta manera, se puede determinar la Importancia del impacto, es decir, del efecto de una acción sobre un factor ambiental con el algoritmo:

$$\boldsymbol{I} = \pm(3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

La importancia del impacto toma valores entre 13 y 100, y presenta valores intermedios (entre 40 y 60) cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- **Intensidad Total:** Efecto irrecuperable y afección muy alta de al menos dos de los restantes símbolos.
- **Intensidad Muy Alta o Alta:** Efecto irrecuperable y afección muy alta de alguno de los restantes símbolos.
- **Intensidad Alta:** Afección alta o muy alta de los restantes símbolos.
- **Intensidad Media o Baja:** Afección mínima de los restantes símbolos.

Para la matriz de importancia toma en cuenta los siguientes criterios:

- Los impactos con valores de importancia inferiores a 25 son Irrelevantes o Compatibles.
- Los impactos Moderados presentan una importancia entre 25 y 50.
- Serán Severos cuando la importancia entre 50 y 75.
- Serán Críticos cuando el valor supere a 75.

Una vez obtenida la matriz de Importancia, se procede al análisis del proyecto en su conjunto; para esto, se realizado un paso preliminar, el cual consiste en la depuración de la matriz de Importancia, con la finalidad de descartar los impactos menores y no significativos. Para seleccionar los impactos a ser eliminados, se consideran aquellos que no sobrepasan el umbral mínimo de importancia, es decir, aquellos que pueden ser considerados como Irrelevantes, los cuales presentan un valor de Importancia menor a 25, o bien, aquellos que sean considerados sumamente importantes y determinantes, los cuales no puedan ser minimizados ni atenuados con la introducción de medidas correctoras y que merecen un tratamiento específico.

De acuerdo con lo anterior, y para el caso del Proyecto, una vez realizado el análisis de la Matriz de Importancia, únicamente se descartaron los impactos considerados **Irrelevantes** (Importancia <25), ya que estos no tienen impactos de gran importancia y que no puedan ser minimizados o atenuados con la ejecución de medidas preventivas, de mitigación y compensación.

Matriz de Valoración Absoluta y Relativa

Considerando que cada factor representa solo una parte del medio ambiente, es necesario llevar a cabo la ponderación de la importancia relativa de los factores en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación del medio ambiente. Con este fin se atribuye a cada factor un peso, expresado en Unidades de Importancia (UIP) distribuidas en mil (1,000) unidades al

total de factores ambientales; las cuales toman en cuenta la importancia que tiene cada factor ambiental en el sitio donde se desarrolla el proyecto.

Según la metodología propuesta por Conesa (2013), la asignación de las UIP se estructura dividiendo el sistema ambiental en dos grandes componentes: el Medio Físico y el Medio Socioeconómico-Cultural, a los cuales se asignan 580 UIP y 420 UIP, respectivamente. Posteriormente, cada uno de estos componentes se subdivide en categorías específicas. En el caso del Medio Físico, se consideran los subsistemas Abiótico, Biótico y Perceptual; mientras que para el Medio Socioeconómico se contemplan los subsistemas socioculturales y económicos. Esta distribución se detalla en la Tabla 5.

A partir de esta estructura, los vértices correspondientes a cada nivel jerárquico se desagregan progresivamente en niveles inferiores, conforme a los componentes establecidos en el procedimiento de evaluación ambiental de cada proyecto.

Medio		UIP	
Sistema	**Subsistema**	**Sistema**	**Subsistema**
Físico	Abiótico	580	300
	Biótico		160
	Perceptual		120
Socioeconómico y Cultural	Sociocultural	420	200
	Económico		220
Total		1,000	1,000

Tabla 5. Asignación de UIP de los Medios.

Para el proyecto en cuestión, se distribuyeron las UIP, de forma tal que, para el Medio Físico, se tienen 580 UIP, y para el Medio Socioeconómico-Cultural, 420 UIP, sumando un total de 1,000 UIP en el sistema. La distribución se aprecia en la siguiente tabla:

Medio	Subsistema	Componente	Elemento		UIP
Medio Físico	Medio Abiótico	Atmosférico	Calidad del aire	**1**	60
			Intensidad de ruido	**2**	60
			Captura de carbono	**3**	60
		Total Atmosférico			**180**
		Suelo	Geomorfología	**4**	35
			Erodabilidad	**5**	35
		Total Suelo			**70**
		Agua	Dinámica de aguas superficiales y subterráneas	**6**	**50**
		Total Agua			**50**
	Total del Medio abiótico				**300**
	Medio Biótico	Flora	Estrato arbustivo	7	50
			Estrato herbáceo	**8**	50
		Total Flora			**100**
		Fauna	**Terrestre**	**9**	**30**
			Aves	**10**	30
		Total Fauna			**60**
	Total del Medio Biótico				**160**
	Medio Perceptual	Paisaje	Calidad Paisajística	**11**	120
		Total Paisaje			**120**

Medio	Subsistema	Componente	Elemento		UIP
	Total del Medio Perceptual				**120**
Total del Medio Físico					**580**
Medio Socioeconómico	Medio Sociocultural	Sociedad	Calidad de vida	**12**	200
		Total Sociedad			**200**
	Total Medio Sociocultural				**200**
	Medio Económico	Economía	Generación de empleos	**13**	220
		Total Economía			**220**
	Total Económico				**220**
Total del Medio Socioeconómico					**420**
Impacto Ambiental Total					**1000**

Tabla 6. Distribución de Unidades de Importancia Ponderadas.

Valoración relativa

Una vez realizada la ponderación de los distintos factores del medio para el Proyecto, se llevó a cabo la valoración cualitativa, con base a la Importancia (I_{ij}) de los efectos, que cada Acción (A_i) produce en los Factores del medio (F_j). De esta forma, por medio de la suma ponderada de la Importancia de cada elemento tipo, por columna (R_{ij}), nos identificará las acciones más agresivas (valores altos negativos), poco agresivas (valores bajos negativos), y las beneficiosos (valores positivos), pudiendo analizarse sus efectos en los subsistemas.

De la misma forma, la suma ponderada de la importancia del efecto de cada elemento tipo, por filas (I_{Ri}), indicará los factores ambientales que sufren en mayor o menor medida por el desarrollo de las actividades, considerando el peso específico, o bien, por el grado de participación que dichos factores tienen en el deterioro del medio.

La importancia relativa total de los efectos causados en los distintos componentes de y subsistemas que componen la matriz de Impacto (I_{RCm}), se calcula como la suma ponderada por columnas de los efectos de cada uno de los elementos tipo correspondientes a los componentes y subsistemas.

Por lo tanto, una vez efectuada la valoración cuantitativa con base a la importancia (I_{ij}) de los efectos que cada Acción (A_i) de la actividad produce sobre cada factor (F_j) en el medio, se puede proceder a la valoración del efecto total que la Acción produce sobre los componentes, subsistemas, etc.

Valoración Absoluta

La valoración absoluta se obtiene por medio de la suma algebraica de la importancia del impacto en cada elemento tipo por columnas (I_i). De la misma forma que al realizar la valoración relativa, por medio de la suma algebraica de los impactos por filas I_j, se obtiene los factores ambientales que sufren en mayor o menor medida.

Para cada columna y fila, por medio de la adición algebraica vendrán indicadas los efectos totales causados en los distintos componentes, subsistemas y sistemas dentro de la matriz

5.3. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Se identificaron factores del medio ambiente que presumiblemente pueden ser impactados al desarrollar las diferentes actividades que conforman el Proyecto. Posterior a esto se integró la Matriz 1: Identificación de Impactos Ambientales con 29 acciones susceptibles de causar impactos sobre 13 elementos ambientales y socioeconómicos. De esta matriz se detectaron 164 interacciones, por lo que se considera que cada una de ellas representa un posible impacto potencial.

Posteriormente, se realizó el cálculo del valor de importancia, para posteriormente formar la Matriz de Importancia. A raíz de lo anterior, se obtiene que, de las 164 interacciones, se tuvieron un total de 102 impactos de tipo positivo y 62 de naturaleza negativa.

Posteriormente, se realizó el proceso de cribado, descartando todos los impactos que no sobrepasan el umbral mínimo de importancia (<25), es decir, los que se categorizan como compatibles o irrelevantes.

5.3.1. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN

Matriz de Identificación de Impactos Ambientales

DTU-B **Acrónimos de las Etapas:** Preparación del sitio (P.S.), Cambio de uso de suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), Prevención, Mitigación y Compensación (M.P.M.C.), Supervisión, vigilancia y monitoreo ambiental (S.V.M.A.), Abandono del Sitio (A.S), Operación y Mantenimiento (O.M.)						**Actividades**																						
						P.S. (CUSTF)				**M.P.M.C.**												**S.V.M.A.**	**A.S.**		**O.M.**		**Construcción**				
						Trazo y delimitación del sitio	Desmonte y deshierbe de la	Despalme de la vegetación	Limpieza y acarreo	Medidas de prevención y mitigación	Ahuyentamiento de Fauna Silvestre	Capacitación y concientización ambiental	Manejo integral de residuos	Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos	Seguridad e higiene	Aplicación de NOM´s	Colocación de letreros	Obra de conservación de suelo y agua	Programa de reforestación	Programa de rescate y reubicación de flora	Programa de recuperación de Fauna	Supervisión ambiental	Retiro de materiales, equipo y maquinaria	Limpieza en general	Operación de las instalaciones	Mantenimiento de las instalaciones	Trazo y delimitación	Excavación, nivelación y cimentación	Instalación de redes de servicio	Estructura vertical y horizontal	Acabados e instalaciones finales
Factores ambientales						**1**	**3**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**
Sistema Ambiental	**Medio Físico**	**Medio Abiótico**	**Atmosférico**	Calidad del aire	**1**	X	X	X		X		X		X	X	X			X			X	X		X	X		X		X	
				Nivel de ruido	**2**	X	X	X	X	X		X		X		X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
				Captura de carbono	**3**			X		X									X			X			X	X					
			Suelo	Geomorfología	**4**			X		X									X			X			X	X		X			
				Erodabilidad	**5**	X	X	X		X								X	X			X			X	X		X		X	
			Agua	Dinámica de aguas superficiales y subterráneas	**6**		X	X	X			X	X		X			X	X			X		X	X	X		X	X		
		Medio Biótico	**Flora**	Estrato arbustivo	**7**					X		X	X		X				X	X		X			X	X					
				Estrato herbáceo	**8**	X	X		X	X		X	X		X					X		X		X								
			Fauna	Terrestre	**9**		X	X		X	X	X	X		X				X		X	X			X			X		X	
				Aves	**10**		X	X		X	X	X	X		X				X		X	X			X					X	

Matriz de Identificación de Impactos Ambientales																														
		Medio perceptual	**Paisaje**	Calidad paisajística	**11**	X	X	X	X	X						X		X	X		X		X	X	X		X		X	X
	Medio Socioeconómico	Socio-cultural	**Sociedad**	Calidad de vida	**12**	X	X	X	X	X		X	X		X				X			X	X	X	X	X			X	X	
		Económico	**Economía**	Generación de empleos	**13**	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X					X		X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 7. Matriz de identificación

5.3.2. MATRIZ CRIBADA

Matriz de Identificación de Impactos Ambientales

DTU-B **Acrónimos de las Etapas:** Preparación del sitio (P.S.), Cambio de uso de suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), Prevención, Mitigación y Compensación (M.P.M.C.), Supervisión, vigilancia y monitoreo ambiental (S.V.M.A.), Abandono del Sitio (A.S), Operación y Mantenimiento (O.M.)						**Actividades**																						
						P.S. (CUSTF)				**M.P.M.C.**												**S.V.M.A.**	**A.S.**		**O.M.**		**Construcción**				
						Trazo y delimitación del sitio	Desmonte y deshierbe de la	Despalme de la vegetación	Limpieza y acarreo	Medidas de prevención y mitigación	Ahuyentamiento de Fauna Silvestre	Capacitación y concientización ambiental	Manejo integral de residuos	Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos	Seguridad e higiene	Aplicación de NOM´s	Colocación de letreros	Obra de conservación de suelo y agua	Programa de reforestación	Programa de rescate y reubicación de flora	Programa de recuperación de Fauna	Supervisión ambiental	Retiro de materiales, equipo y maquinaria	Limpieza en general	Operación de las instalaciones	Mantenimiento de las instalaciones	Trazo y delimitación	Excavación, nivelación y cimentación	Instalación de redes de servicio	Estructura vertical y horizontal	Acabados e instalaciones finales
Factores ambientales						**1**	**3**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**
Sistema Ambiental	**Medio Físico**	**Medio Abiótico**	**Atmosférico**	Calidad del aire	**1**	$I_{1,1}$	$I_{3,1}$	$I_{6,1}$		$I_{8,1}$		$I_{10,1}$		$I_{12,1}$	$I_{13,1}$	$I_{14,1}$			$I_{17,1}$			$I_{20,1}$	$I_{21,1}$		$I_{23,1}$	$I_{24,1}$		$I_{26,1}$		$I_{28,1}$	
				Nivel de ruido	**2**	$I_{1,2}$	$I_{3,2}$	$I_{6,2}$	$I_{7,2}$	$I_{8,2}$		$I_{10,2}$		$I_{12,2}$		$I_{14,2}$	$I_{15,2}$					$I_{20,2}$	$I_{21,2}$	$I_{22,2}$	$I_{23,2}$	$I_{24,2}$	$I_{25,2}$	$I_{26,2}$	$I_{27,2}$	$I_{28,2}$	$I_{29,2}$
				Captura de carbono	**3**			$I_{6,3}$		$I_{8,3}$									$I_{17,3}$			$I_{20,3}$			$I_{23,3}$	$I_{24,3}$					
			Suelo	Geomorfología	**4**			$I_{6,4}$		$I_{8,4}$									$I_{17,4}$			$I_{20,4}$			$I_{23,4}$	$I_{24,4}$		$I_{26,4}$			
				Erodabilidad	**5**	$I_{1,5}$	$I_{3,5}$	$I_{6,5}$		$I_{8,5}$								$I_{16,5}$	$I_{17,5}$			$I_{20,5}$			$I_{23,5}$	$I_{24,5}$				$I_{28,5}$	
			Agua	Dinámica de aguas superficiales y subterráneas	**6**		$I_{3,6}$	$I_{6,6}$	$I_{7,6}$			$I_{10,6}$	$I_{11,6}$		$I_{13,6}$			$I_{16,6}$	$I_{17,6}$			$I_{20,6}$		$I_{22,6}$	$I_{23,6}$	$I_{24,6}$			$I_{27,6}$		
		Medio Biótico	**Flora**	Estrato arbustivo	**7**					$I_{8,7}$		$I_{10,7}$	$I_{11,7}$		$I_{13,7}$				$I_{17,7}$	$I_{18,7}$		$I_{20,7}$			$I_{23,7}$	$I_{24,7}$					
				Estrato herbáceo	**8**	$I_{1,8}$	$I_{3,8}$		$I_{7,8}$	$I_{8,8}$		$I_{10,8}$	$I_{11,8}$		$I_{13,8}$					$I_{18,8}$		$I_{20,8}$		$I_{22,8}$							
			Fauna	Terrestre	**9**		$I_{3,9}$	$I_{6,9}$		$I_{8,9}$	$I_{9,9}$	$I_{10,9}$	$I_{11,9}$		$I_{13,9}$				$I_{17,9}$		$I_{19,9}$	$I_{20,9}$			$I_{23,9}$			$I_{26,9}$		$I_{28,9}$	
				Aves	**10**		$I_{3,10}$	$I_{6,10}$		$I_{8,10}$	$I_{9,10}$	$I_{10,10}$	$I_{11,10}$		$I_{13,10}$				$I_{17,10}$		$I_{19,10}$	$I_{20,10}$			$I_{23,10}$					$I_{28,10}$	

Matriz de Identificación de Impactos Ambientales																																
		Medio perceptual	**Paisaje**	Calidad paisajística	**11**	$I_{1,11}$	$I_{3,11}$	$I_{6,11}$	$I_{7,11}$	$I_{8,11}$							$I_{15,11}$		$I_{17,11}$	$I_{18,11}$		$I_{20,11}$		$I_{22,11}$	$I_{23,11}$	$I_{24,11}$		$I_{26,11}$		$I_{28,11}$	$I_{29,11}$
	Medio Socioeconómico	**Socio-cultural**	**Sociedad**	Calidad de vida	**12**	$I_{1,12}$	$I_{3,12}$	$I_{6,12}$	$I_{7,12}$	$I_{8,12}$		$I_{10,12}$	$I_{11,12}$		$I_{13,12}$				$I_{17,12}$			$I_{20,12}$	$I_{21,12}$	$I_{22,12}$	$I_{23,12}$	$I_{24,12}$			$I_{27,12}$	$I_{28,12}$	
		Económico	**Economía**	Generación de empleos	**13**	$I_{1,13}$	$I_{3,13}$		$I_{7,13}$	$I_{8,13}$		$I_{10,13}$	$I_{11,13}$	$I_{12,13}$	$I_{13,13}$	$I_{14,13}$	$I_{15,13}$					$I_{20,13}$		$I_{22,13}$	$I_{23,13}$	$I_{24,13}$	$I_{25,13}$	$I_{26,13}$	$I_{27,13}$	$I_{28,13}$	$I_{29,13}$

Tabla 8. Matriz cribada

5.3.3. MATRIZ DE VALORACIÓN

Matriz para las etapas de la selección del sitio y cambio de uso de suelo en terrenos forestales																																	
Atributos	**I1,1**	**I1,2**	**I1,5**	**I1,8**	**I1,11**	**I1,12**	**I1,13**	**I3,1**	**I3,2**	**I3,5**	**I3,6**	**I3,8**	**I3,9**	**I3,10**	**I3,11**	**I3,12**	**I3,13**	**I6,1**	**I6,2**	**I6,3**	**I6,4**	**I6,5**	**I6,6**	**I6,9**	**I6,10**	**I6,11**	**I6,12**	**I7,2**	**I7,6**	**I7,8**	**I7,11**	**I7,12**	**I7,13**
Naturaleza	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1
Intensidad	1	1	1	1	2	1	1	2	1	4	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	4	4	4	1	1	4	4	1	1	2	2	2	2
Extensión	4	2	4	4	4	4	4	4	2	8	4	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2
Momento	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	2	2
Persistencia	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Reversibilidad	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
Sinergia	1	1	1	2	2	1	2	1	1	4	4	4	4	1	4	2	2	1	1	1	4	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	4
Acumulación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Efecto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	1	1	4	4	4	1	1	1	4	4	4	1	4	4	1	1	1	1	1	1	1
Periodicidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Recuperabilidad	1	1	1	1	2	2	2	2	1	4	4	4	4	2	2	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Importancia	22	18	22	23	28	23	24	28	20	50	36	44	30	26	37	28	29	27	22	27	42	40	33	21	25	41	30	18	19	22	22	21	23
FINAL	**-22**	**-18**	**-22**	**-23**	**-28**	**23**	**24**	**-28**	**-20**	**-50**	**-36**	**-44**	**-30**	**-26**	**-37**	**28**	**29**	**-27**	**-22**	**27**	**-42**	**-40**	**-33**	**-21**	**-25**	**-41**	**-30**	**-18**	**-19**	**-22**	**-22**	**21**	**23**

Tabla 9. Matriz para las etapas de la preparación que incluye el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

Prevención, mitigación y compensación (primera parte)																							
Atributos	**$I_{8,1}$**	**$I_{8,2}$**	**$I_{8,3}$**	**$I_{8,4}$**	**$I_{8,5}$**	**$I_{8,7}$**	**$I_{8,8}$**	**$I_{8,9}$**	**$I_{8,10}$**	**$I_{8,11}$**	**$I_{8,12}$**	**$I_{8,13}$**	**$I_{9,9}$**	**$I_{9,10}$**	**$I_{10,1}$**	**$I_{10,2}$**	**$I_{10,6}$**	**$I_{10,7}$**	**$I_{10,8}$**	**$I_{10,9}$**	**$I_{10,10}$**	**$I_{10,12}$**	**$I_{10,13}$**
Naturaleza	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Intensidad	2	2	4	4	4	8	2	2	2	4	8	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4
Extensión	2	2	4	4	4	4	2	4	8	8	8	8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2
Momento	3	3	3	2	2	3	3	4	4	4	4	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Persistencia	2	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Reversibilidad	2	1	2	2	2	4	4	2	2	4	4	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sinergia	1	1	4	4	4	4	4	2	2	4	4	2	2	2	1	1	1	4	1	1	1	1	1
Acumulación	1	1	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Efecto	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Periodicidad	2	2	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Recuperabilidad	2	2	4	4	4	4	4	2	2	4	4	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Importancia	27	25	49	46	46	63	41	35	43	57	69	51	28	28	25	21	21	24	21	21	21	31	27
FINAL	**27**	**25**	**49**	**46**	**46**	**63**	**41**	**35**	**43**	**57**	**69**	**51**	**28**	**28**	**25**	**21**	**21**	**24**	**21**	**21**	**21**	**31**	**27**

Tabla 10. Matriz con etapas de Prevención, mitigación y compensación (primera parte).

Prevención, mitigación y compensación (segunda parte)																					
Atributos	$I_{11,6}$	$I_{11,7}$	$I_{11,8}$	$I_{11,9}$	$I_{11,10}$	$I_{11,12}$	$I_{11,13}$	$I_{12,1}$	$I_{12,2}$	$I_{12,13}$	$1_{13,1}$	$I_{13,6}$	$I_{13,7}$	$I_{13,8}$	$I_{13,9}$	$I_{13,10}$	$I_{13,12}$	$I_{13,13}$	$I_{14,1}$	$I_{14,2}$	$I_{14,13}$
Naturaleza	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Intensidad	2	1	1	1	1	1	1	2	2	4	2	2	4	2	2	2	4	4	4	4	4
Extensión	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2
Momento	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Persistencia	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	1	2
Reversibilidad	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sinergia	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4
Acumulación	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4
Efecto	4	1	1	1	1	1	1	4	1	4	1	1	1	1	1	1	4	1	4	4	4
Periodicidad	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2
Recuperabilidad	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2
Importancia	29	22	22	18	18	20	21	25	22	32	22	24	30	24	24	24	41	34	36	34	39
FINAL	**29**	**22**	**22**	**18**	**18**	**20**	**21**	**25**	**22**	**32**	**22**	**24**	**30**	**24**	**24**	**24**	**41**	**34**	**36**	**34**	**39**

Tabla 11. Matriz con etapas de Prevención, mitigación y compensación (segunda parte)

Prevención, mitigación y compensación (tercera parte)																				
Atributos	$I_{15,2}$	$I_{15,11}$	$I_{15,13}$	$I_{16,5}$	$I_{16,6}$	$I_{17,1}$	$I_{17,3}$	$I_{17,4}$	$I_{17,5}$	$I_{17,6}$	$I_{17,7}$	$I_{17,9}$	$I_{17,10}$	$I_{17,11}$	$I_{17,12}$	$I_{18,7}$	$I_{18,8}$	$I_{18,11}$	$I_{19,9}$	$I_{19,10}$
Naturaleza	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Intensidad	1	1	1	8	4	4	8	2	2	2	8	2	4	4	8	8	2	4	4	4
Extensión	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
Momento	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
Persistencia	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	4	4	2	2	2	1	1
Reversibilidad	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
Sinergia	1	1	1	4	2	2	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	1	1	4	4
Acumulación	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	4	4	2	1	1	1	1
Efecto	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	4	4	4	1	1	4	4
Periodicidad	1	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	4	4
Recuperabilidad	1	2	2	4	4	4	4	4	4	2	4	2	2	2	2	4	2	2	4	4
Importancia	20	22	22	61	47	40	54	36	36	34	54	24	32	40	52	50	23	29	36	36
FINAL	**20**	**22**	**22**	**61**	**47**	**40**	**54**	**36**	**36**	**34**	**54**	**24**	**32**	**40**	**52**	**50**	**23**	**29**	**36**	**36**

Tabla 12. Matriz con etapas de Prevención, mitigación y compensación (tercera parte)

Supervisión y monitoreo ambiental y abandono del sitio																					
Atributos	$I_{20,1}$	$I_{20,2}$	$I_{20,3}$	$I_{20,4}$	$I_{20,5}$	$I_{20,6}$	$I_{20,7}$	$I_{20,8}$	$I_{20,9}$	$I_{20,10}$	$I_{20,11}$	$I_{20,12}$	$I_{20,13}$	$I_{21,1}$	$I_{21,2}$	$I_{21,12}$	$I_{22,2}$	$I_{22,6}$	$I_{22,8}$	$I_{22,11}$	$I_{22,12}$	$I_{22,13}$
Naturaleza	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1
Intensidad	2	2	4	2	2	2	4	2	4	4	4	4	4	2	2	2	1	1	1	2	4	2

Supervisión y monitoreo ambiental y abandono del sitio																						
Extensión	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	8	8	4	1	1	2	4	2	2	2	2	2
Momento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Persistencia	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Reversibilidad	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sinergia	2	2	4	4	4	4	4	1	2	2	4	4	4	2	1	1	1	2	2	2	2	2
Acumulación	1	1	4	4	4	4	4	4	1	1	4	4	4	4	4	1	1	4	4	4	4	4
Efecto	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Periodicidad	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Recuperabilidad	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Importancia	28	28	40	34	34	30	39	27	29	29	51	51	43	24	20	20	21	21	21	24	30	24
FINAL	**28**	**28**	**40**	**34**	**34**	**30**	**39**	**27**	**29**	**29**	**51**	**51**	**43**	**-24**	**-20**	**20**	**-21**	**-21**	**-21**	**-24**	**30**	**24**

Tabla 13. Matriz con etapas de Supervisión y monitoreo ambiental y abandono del sitio.

Operación y Mantenimiento																						
Atributos	$I_{23,1}$	$I_{23,2}$	$I_{23,3}$	$I_{23,4}$	$I_{23,5}$	$I_{23,6}$	$I_{23,7}$	$I_{23,9}$	$I_{23,10}$	$I_{23,11}$	$I_{23,12}$	$I_{23,13}$	$I_{24,1}$	$I_{24,2}$	$I_{24,3}$	$I_{24,4}$	$I_{24,5}$	$I_{24,6}$	$I_{24,7}$	$I_{24,11}$	$I_{24,12}$	$I_{24,13}$
Naturaleza	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
Intensidad	1	1	2	2	2	1	2	2	2	4	4	4	1	1	1	1	1	2	2	4	4	4
Extensión	2	1	4	4	4	4	1	2	4	4	4	4	2	2	2	4	4	4	2	4	4	4
Momento	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1	1	2	1	1	2	2	2	3	3
Persistencia	1	1	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Reversibilidad	1	1	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Sinergia	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	2	2	2	1	1	4	4	4	4	4
Acumulación	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	4	4	1	1	4	1	1	4	4	4	4	4
Efecto	4	4	4	4	4	1	1	1	1	4	4	4	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4
Periodicidad	2	2	4	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Recuperabilidad	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	2	2	2	2	2	4	4	2
Importancia	21	19	42	36	36	30	27	25	29	45	44	42	17	17	24	23	23	36	32	44	45	43
FINAL	**-21**	**-19**	**-42**	**-36**	**-36**	**-30**	**-27**	**-25**	**-29**	**-45**	**44**	**42**	**-17**	**-17**	**-24**	**-23**	**-23**	**-36**	**32**	**44**	**45**	**43**

Tabla 14. Matriz con etapas de operación y mantenimiento.

Operación y Mantenimiento																						
Atributos	$I_{25,2}$	$I_{25,13}$	$I_{26,1}$	$I_{26,2}$	$I_{26,4}$	$I_{26,9}$	$I_{26,11}$	$I_{26,13}$	$I_{27,2}$	$I_{27,6}$	$I_{27,12}$	$I_{27,13}$	$I_{28,1}$	$I_{28,2}$	$I_{28,5}$	$I_{28,9}$	$I_{28,10}$	$I_{28,11}$	$I_{28,12}$	$I_{28,13}$	$I_{28,2}$	$I_{28,11}$	$I_{28,13}$
Naturaleza	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1
Intensidad	1	1	2	4	1	2	2	1	1	2	4	1	2	4	1	2	2	4	4	1	4	4	1
Extensión	2	4	1	4	1	2	4	4	2	4	2	4	1	4	4	2	4	2	4	4	4	2	4
Momento	4	4	4	4	3	2	4	4	4	2	2	4	4	4	3	2	2	2	3	4	4	2	4

Operación y Mantenimiento																							
Persistencia	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	4	2	1	1	4	1
Reversibilidad	1	1	2	1	2	2	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1
Sinergia	1	2	2	2	4	2	4	2	1	4	2	2	2	2	1	2	2	4	4	2	2	4	2
Acumulación	1	1	4	1	1	1	4	1	1	4	4	1	4	1	1	1	1	4	4	1	1	4	1
Efecto	1	1	1	1	4	1	4	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	1	4	1
Periodicidad	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	2	2	1
Recuperabilidad	1	2	2	1	4	4	2	2	1	2	1	2	2	1	1	4	4	2	4	2	1	2	2
Importancia	18	24	26	33	26	25	37	24	18	36	30	24	26	33	22	25	29	40	45	24	33	40	24
FINAL	**-18**	**24**	-26	-33	**-26**	**-25**	**-37**	**24**	-18	**36**	**30**	**24**	-26	-33	**-22**	**-25**	**-29**	**40**	**45**	**24**	-33	**40**	**24**

Tabla 15. Matriz con etapas de construcción.

5.3.4. MATRIZ DE IMPORTANCIA DEPURADA

Matriz de Identificación de Impactos Ambientales																																
DTU-B **Acrónimos de las Etapas:** Preparación del sitio (P.S.), Cambio de uso de suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), Prevención, Mitigación y Compensación (M.P.M.C.), Supervisión, vigilancia y monitoreo ambiental (S.V.M.A.), Abandono del Sitio (A.S), Operación y Mantenimiento (O.M.)						Actividades																										
						P.S. (CUSTF)				M.P.M.C.													S.V.M.A.	A.S.		O.M.		Construcción				
						Trazo y delimitación del sitio	Desmonte y deshierbe de la	Despalme de la vegetación	Limpieza y acarreo	Medidas de prevención y mitigación	Ahuyentamiento de Fauna Silvestre	Capacitación y concientización ambiental	Manejo integral de residuos	Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos	Seguridad e higiene	Aplicación de NOM´s	Colocación de letreros	Obra de conservación de suelo y agua	Programa de reforestación	Programa de rescate y reubicación de flora	Programa de recuperación de Fauna	Supervisión ambiental	Retiro de materiales, equipo y maquinaria	Limpieza en general	Operación de las instalaciones	Mantenimiento de las instalaciones	Trazo y delimitación	Excavación, nivelación y cimentación	Instalación de redes de servicio	Estructura vertical y horizontal	Acabados e instalaciones finales
Factores ambientales						**1**	**3**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**
Sistema Ambiental	**Medio Físico**	**Medio Abiótico**	**Atmosférico**	Calidad del aire	**1**	-22	-28	-27		27		25		25	22	36			40			28	-24		-21	-17		-26		-26	
				Nivel de ruido	**2**	-18	-20	-22	-18	25		21		22		34	20					28	-20	-21	-19	-17	-18	-33	-18	-33	-33
				Captura de carbono	**3**			-27		49									54			40			-42	-24					
			Suelo	Geomorfología	**4**			-42		46									36			34			-36	-23		-26			
				Erodabilidad	**5**	-22	-50	-40		46								61	36			34			-36	-23				-22	
			Agua	Dinámica de aguas superficiales y subterráneas	**6**		-36	-33	-19			21	29		24			47	34			30		-21	-30	-36			36		
		Medio Biótico	**Flora**	Estrato arbustivo	**7**					63		24	22		30				54	50		39			-27	32					
				Estrato herbáceo	**8**	-23	-44		-22	41		21	22		24					23		27		-21							
			Fauna	Terrestre	**9**		-30	-21		35	28	21	18		24				24		36	29			-25			-25		-25	
				Aves	**10**		-26	-25		43	28	21	18		24				32		36	29			-29					-29	

Matriz de Identificación de Impactos Ambientales																														
		Medio perceptual	Paisaje	Calidad paisajística	11	-28	-37	-41	-22	57							22		40	29		51		-24	-45	44		-37		40	40
	Medio Socioeconómico	Socio-cultural	Sociedad	Calidad de vida	12	23	28	-30	21	69		31	20		41				52			51	20	30	44	45			30	45	
		Económico	Economía	Generación de empleos	13	24	29		23	51		27	21	32	34	39	22					43		24	42	43	24	24	24	24	24

Tabla 16. Matriz de importancia depurada final.

Matriz de Identificación de Impactos Ambientales																															
DTU-B Acrónimos de las Etapas: Preparación del sitio (P.S.), Cambio de uso de suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), Prevención, Mitigación y Compensación (M.P.M.C.), Supervisión, vigilancia y monitoreo ambiental (S.V.M.A.), Abandono del Sitio (A.S), Operación y Mantenimiento (O.M.)						Actividades																								
						P.S. (CUSTF)				M.P.M.C.													S.V.M.A.	A.S.		O.M.		Construcción				
						Trazo y delimitación del sitio	Desmonte y deshierbe de la	Despalme de la vegetación	Limpieza y acarreo	Medidas de prevención y mitigación	Ahuyentamiento de Fauna Silvestre	Capacitación y concientización ambiental	Manejo integral de residuos	Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos	Seguridad e higiene	Aplicación de NOM´s	Colocación de letreros	Obra de conservación de suelo y agua	Programa de reforestación	Programa de rescate y reubicación de flora	Programa de recuperación de Fauna	Supervisión ambiental	Retiro de materiales, equipo y maquinaria	Limpieza en general	Operación de las instalaciones	Mantenimiento de las instalaciones	Trazo y delimitación	Excavación, nivelación y cimentación	Instalación de redes de servicio	Estructura vertical y horizontal	Acabados e instalaciones finales
Factores ambientales						1	3	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Sistema Ambiental	Medio Físico	Medio Abiótico	Atmosférico	Calidad del aire	1	A	B	B		B		B		B	A	B			B			B	A		A	A		B		B	
				Nivel de ruido	2	A	A	A	A	B		A		A		B	A					B	A	A	A	A	A	B	A	B	B
				Captura de carbono	3			B		B									C			B			B	A					

Matriz de Identificación de Impactos Ambientales																														
			Suelo	Geomorfología	4			B		B									B			B			B	A		B			
				Erodabilidad	5	A	B	B		B								C	B			B			B	A				A	
			Agua	Dinámica de aguas superficiales y subterráneas	6		B	B	A			A	B		A			B	B			B		A	B	B			B		
		Medio Biótico	Flora	Estrato arbustivo	7					C		A	A		B				C	B		B			B	B					
				Estrato herbáceo	8	A	B		A	B		A	A		A					A		B		A							
			Fauna	Terrestre	9		B	A		B	B	A	A		A				A		B	B			B			B		B	
				Aves	10		B	B		B	B	A	A		A				B		B	B			B					B	
		Medio perceptual	Paisaje	Calidad paisajística	11	B	B	B	A	C							A		B	B		C		A	B	B		B		B	B
	Medio Socioeconómico	Socio-cultural	Sociedad	Calidad de vida	12	A	B	B	A	C		B	A		B				C			C	A	B	B	B			B	B	
		Económico	Economía	Generación de empleos	13	A	B		A	C		B	A	B	B	B	A					B		A	B	B	A	A	A	A	A

5.3.4. MATRIZ DE IMPORTANCIA PONDERADA

Matriz Ponderada						P.S.			C.U.S.T.F.						M.P.M.C.																		S.V.M.A.			A.S.				O.M.			
						Trazo y delimitación del sitio	Total Etapa			Desmonte y deshierbe de la vegetación			Despalme de la vegetación	Limpieza y acarreo	Total Etapa		Medidas de prevención y mitigación	Ahuyentamiento de Fauna Silvestre	Capacitación y concientización ambiental	Manejo integral de residuos	Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos	Seguridad e higiene	Aplicación de NOM´s	Colocación de letreros	Obra de conservación de suelo y agua	Programa de reforestación	Programa de rescate y reubicación de flora	Programa de recuperación de Fauna	Total Etapa		Supervisión ambiental	Total Etapa		Retiro de materiales, equipo y maquinaria	Limpieza en general	Total Etapa		Operación de las instalaciones	Mantenimiento de las instalaciones	Total Etapa	
Factores ambientales impactados						1	Abs.	Rel.		3			6	7	Abs.	Rel.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Abs.	Rel.	20	Abs.	Rel.	21	22	Abs.	Rel.	23	24	Abs.	Rel.
Sistemas	**Subsistemas**	**Componentes**	**Elemento Ambiental**	**No.**	**UIP**																																					
Físico	Abiótico	Atmosférico	Calidad del aire	**1**	60	0	0	0		-28			-27	0	-55	-3.3	27	0	25	0	25	0	36	0	0	40	0	0	153	9.18	28	28	1.68	0	0	0	0	0	0	0	0
			Intensidad de ruido	**2**	60	0	0	0		0			0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	34	0	0	0	0	0	59	3.54	28	28	1.68	0	0	0	0	0	0	0	0
			Captura de carbono	**3**	60	0	0	0		0			-27	0	-56	-3.36	49	0	0	0	0	0	0	0	0	54	0	0	103	6.18	40	40	2.4	0	0	0	0	-42	0	-42	-2.52
		Total Atmosférico	**Absoluto**		**180**	0	0	--		-28			-27	0	-55	--	101	0	25	0	25	0	70	0	0	94	0	0	315	--	96	96	--	0	0	0	--	-42	0	-42	--
			Relativo		0.18	0	--	0		-9.33			-18	0	--	-6.66	33.67	0.00	8.33	0.00	8.33	0.00	23.33	0	0	31.33	0	0	--	18.9	32	--	5.76	0	0	--	0	-14	0	--	-2.52
		Suelo	Geomorfología	**4**	35	0	0	0		0			-42	0	-42	-1.47	46	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	82	2.87	34	34	1.19	0	0	0	0	-36	0	-36	-1.26
			Erodabilidad	**5**	35	0	0	0		-50			-40	0	-116	-4.06	46	0	0	0	0	0	0	0	61	36	0	0	143	5.01	34	34	1.19	0	0	0	0	-36	0	-36	-1.26

Matriz Ponderada					P.S.				C.U.S.T.F.							M.P.M.C.											S.V.M.A.				A.S.				O.M.			
		Total Suelo	**Absoluto**	**70**	0	0	--		-50			-82	0	-158	--	92	0	0	0	0	0	0	0	61	72	0	0	225	--	68	68	--	0	0	0	--	-72	0	-72	--
			Relativo	0.07	0	--	0		-25			-41	0	--	-5.53	46	0	0	0	0	0	0	0	30.5	36	0	0	--	7.88	34	--	2.38	0	0	--	0	-36	0	--	-2.52
		Hidrología	Dinámica de aguas superficiales y subterráneas	**6**	50	0	--		-36			-33	0	-69	-3.45	0	0	0	29	0	0	0	0	47	34	0	0	110	5.5	30	30	1.5	0	0	0	0	-30	-36	-66	-3.3
		Total Agua	**Absoluto**	**50**	0	0	--		-36			-33	0	-69	--	0	0	0	29	0	0	0	0	47	34	0	0	110	--	30	30	--	0	0	0	--	-30	-36	-66	--
			Relativo	0.05	0	--	0		-25			-41	0	--	-3.95	0	0	0	29	0	0	0	0	47	34	0	0	--	0	30	--	1.5	0	0	--	0	-30	-36	--	-3.3
	Total Abiótico		**Absoluto**	**300**	0	0	--		-114.00			-142.00	0	-282	--	193	0	25	29	25	0	70	0	108	200	0	0	650	--	194	194	--	0	0	0	--	-144	-36	-180	--
			Relativo	0.3	0	--	0		-17.43			-25.87	0	--	-15.64	30.93333333	0	5	4.83333333	5	0	14	0	14.95	32.86666667	0	0	--	32.28	32.13	--	9.64	0	0	--	0	-21.8	-6.0	--	-8.34
	Biótico	Flora	Estrato arbustivo	**7**	50	0	0	0		0			0	0	-30	-1.5	63	0	0	0	0	30	0	0	0	54	50	0	104	5.2	39	39	1.95	0	0	0	0	-27	32	5	0.25
			Estrato herbáceo	**8**	50	0	0	0		-44			0	0	-44	-2.2	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	2.05	27	70.05	3.5025	0	0	0	0	0	0	0	0
		Total Flora	**Absoluto**	**100**	0	0	--		-44			0	0	-74	--	104	0	0	0	0	30	0	0	0	54	50	0	238	--	66	66	--	0	0	0	--	-27	32	5	--
			Relativo	0.1	0	--	0		-22			0	0	--	-3.7	52	0	0	0	0	15	0	0	0	27	25	0	--	11.9	33	--	3.3	0	0	--	0	-13.5	16	--	0.25
		Fauna	Terrestre	**9**	30	0	0	0		-30			0	0	-30	-0.9	35	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	99	2.97	29	29	0.87	0	0	0	0	-25	0	-25	-0.75
			Aves	**10**	30	0	0	0		-26			-25	0	-51	-1.53	43	28	0	0	0	0	0	0	0	32	0	36	139	4.17	29	29	0.87	0	0	0	0	-29	0	-29	-0.87
		Total Fauna	**Absoluto**	**60**	0	0	--		-56			-25	0	-81	--	78	56	0	0	0	0	0	0	0	32	0	72	238	--	58	58	--	0	0	0	--	-54	0	-54	--
			Relativo	0.06	0	--	0		-28			-12.5	0	--	-2.43	39	28	0	0	0	0	0	0	0	16	0	36	--	7.14	29	--	1.74	0	0	--	0	-27	0	--	-1.62

Matriz Ponderada					P.S.				C.U.S.T.F.							M.P.M.C.												S.V.M.A.				A.S.				O.M.			
	Total Biótico		**Absoluto**	**160**	0	0	--		-100			-25	0	-155	--	182	56	0	0	0	30	0	0	0	86	50	72	476	--	124	124	--	0	0	0	--	-81	32	-49	--
			Relativo	0.16	0	--	0		-50			-12.5	0	--	-12.4	91	28	0	0	0	15	0	0	0	43	25	36	--	38.08	62	--	9.92	0	0	--	0	-40.5	16	--	-3.92
	Perceptual	Paisaje	Calidad paisajística	**11**	120	-28	-28	-3.36		-37			-41	0	-103	-12.36	57	0	0	0	0	0	0	0	0	40	29	0	126	15.12	51	51	6.12	0	0	0	0	-45	44	-1	-0.12
		Total Paisaje	**Absoluto**	**120**	-28	-28	--		-37			-41	0	-103	--	57	0	0	0	0	0	0	0	0	40	29	0	69	--	51	51	--	0	0	0	--	-45	44	-1	--
			Relativo	0.12	-28	--	-3.36		-37			-41	0	--	-12.36	57	0	0	0	0	0	0	0	0	40	29	0	--	8.28	51	--	6.12	0	0	--	0	-45	44	--	-0.12
	Total Perceptual		**Absoluto**	**120**	-28	-28	--		-37			-41	0	-103	--	57	0	0	0	0	0	0	0	0	40	29	0	126	--	51	51	--	0	0	0	--	-45	44	-1	--
			Relativo	0.12	-28	--	-3.36		-37			-41	0	--	-12.36	57	0	0	0	0	0	0	0	0	40	29	0	--	15.12	51	--	6.12	0	0	--	0	-45	44	--	-0.12
Total Físico			**Absoluto**	**580**	-28	-28	--		-251			-208	0	-540	--	432	56	25	29	25	30	70	0	108	326	79	72	1252	--	369	369	--	0	0	0	--	-270	40	-230	--
			Relativo	0.58	-28	--	-3.36		-23.36			-23.16	0	--	-40.4	40.79	2.90	2.59	2.5	2.59	2.59	7.24	0	7.73	31.59	10.31	3.72	--	85.475	35.86	--	25.68	0	0	--	0	-25.71	8.76	--	-12.38
Socioeconómico	Social	Sociedad	Calidad de vida	**12**	200	0	0	0		28			-30	0	-2	-0.4	69	0	31	0	0	41	0	0	0	52	0	0	193	38.6	51	51	10.2	0	30	30	6	44	45	125	25
		Total Sociedad	**Absoluto**	**200**	0	0	--		28			-30	0	-2	--	69	0	31	0	0	41	0	0	0	52	0	0	193	--	51	51	--	0	30	30	--	44	45	89	--
			Relativo	0.2	0	--	0		28			-30	0	--	-0.4	69	0	31	0	0	41	0	0	0	52	0	0	--	38.6	51	--	10.2	0	30	--	0	44	45	--	17.8
	Total Social		**Absoluto**	**200**	0	0	--		28			-30	0	-2	--	69	0	31	0	0	41	0	0	0	52	0	0	193	--	51	51	--	0	30	30	--	44	45	89	--
			Relativo	0.2	0	--	0		28			-30	0	--	-0.4	69	0	31	0	0	41	0	0	0	52	0	0	--	38.6	51	--	10.2	0	30	--	0	44	45	--	17.8
	Económico	Economía	Generación de empleos	**13**	220	0	0	0		29			0	0	59	12.98	51	0	27	0	32	34	39	0	0	0	0	0	183	40.26	43	43	9.46	0	0	52.46	11.5412	42	43	149	32.78
		Total Economía	**Absoluto**	**220**	0	0	--		29			0	0	59	--	51	0	27	0	32	34	39	0	0	0	0	0	183	--	43	43	--	0	0	0	--	42	43	85	--
			Relativo	0.22	0	--	0		29			0	0	--	12.98	51	0	27	0	32	34	39	0	0	0	0	0	--	40.26	43	--	9.46	0	0	--	0	42	43	--	18.7
	Total Económico		**Absoluto**	**220**	0	0	--		29			0	0	59	--	51	0	27	0	32	34	39	0	0	0	0	0	183	--	43	43	--	0	0	43	--	42	43	85	--

Matriz Ponderada		P.S.				C.U.S.T.F.							M.P.M.C.													S.V.M.A.				A.S.				O.M.			
	Relativo	0.22	0	--	0		29			0	0	--	12.98	51	0	27	0	32	34	39	0	0	0	0	0	--	40.26	43	--	41.4172	0	0	--	0	42	43	--	18.7
Total Socioeconómico	Absoluto	**420**	0	0	--		57			-30	0	57	--	120	0	58	0	32	75	39	0	0	52	0	0	376	--	94	94	--	0	30	30	--	86	88	174	--
	Relativo	0.42	0	--	0		57			-30	0	--	12.58	120	0	58	0	32	75	39	0	0	52	0	0	--	78.86	94	--	51.6172	0	30	--	0	86	88	--	36.5
Total Medio Ambiente	Absoluto	**1000**	-28	-28	--		-194			-238	0	-483	--	552	56	83	29	57	105	109	0	108	378	79	72	1628	--	463	463	--	0	30	30	--	-184	128	-56	--
	Relativo	**1**	-3.36	--	-3.36		-7.722			-13.46	0	--	-27.82	33.929	1.68	6.931	1.45	7.9	8.341	12	0	4.485	18.372	5.98	2.16	--	164.335	29.451	--	77.2972	0	0.03	--	0	-6.466	13.725	--	24.12

Tabla 17. Matriz de importancia ponderada

5.4. Conclusiones

En el análisis de los impactos generados por el cambio de uso de suelo para la ejecución de este proyecto, se identificaron efectos negativos significativos en el componente de suelo y flora, principalmente por las actividades producto de CUSTF mediante el desmonte, deshierbe y despalme a la flora dentro del área del proyecto, así como los rellenos y nivelaciones, la ejecución de estas acciones ejercen presión sobre la estructura del terreno, provocando compactación, pérdida de estructura y mayor vulnerabilidad a la erosión hídrica; de igual forma en cuanto a la vegetación, tanto arbustiva como herbácea sufre afectaciones por estas acciones.

Por otra parte, para el componente paisajista por la modificación que significarán las características actuales naturales del área y su posterior construcción, así como operación de las instalaciones. Sin embargo, medidas como la reforestación y el manejo adecuado de residuos contribuyen a la recuperación estética y ecológica del paisaje.

En cuanto a la fauna terrestre y avifauna, los impactos negativos derivan de la pérdida de vegetación, el ruido generado y la presencia de maquinaria. No obstante, se consideran acciones como el rescate y reubicación de fauna, además de una supervisión ambiental constante, que favorecen a estos ecosistemas.

En el ámbito socioeconómico, se detectan efectos adversos en la calidad de vida por el ruido y la operación de maquinaria, así como ya del sitio utilizándose. Aun así, se proponen medidas preventivas y correctivas, como capacitaciones ambientales, cumplimiento de normas de seguridad e higiene, y supervisión continua. Por otro lado, se reconoce un efecto económico positivo debido a la creación de empleos en las diferentes etapas del proyecto, lo cual dinamiza la economía local, beneficiando a las comunidades cercanas.

En resumen, aunque el proyecto produce impactos importantes, se contemplan medidas de prevención, compensación y mitigación adecuadas que aseguran la protección de la biodiversidad, la conservación del agua, la recuperación del carbono y la estabilidad del suelo. Así, el proyecto se integra dentro de una planificación urbana sustentable, considerando tanto los impactos puntuales como los de su zona de influencia.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
MODALIDAD B (DTU-B)

“CASA DE PLAYA, UBICADO EN PUERTO ARISTA, MUNICIPIO DE TONALÁ, CHIAPAS”

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y FAUNÍSTICA DEL ÁREA SUJETA A CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES CON RELACIÓN A LOS TIPOS DE VEGETACIÓN DEL ECOSISTEMA DE LA CUENCA, SUBCUENCA O MICROCUENCA HIDROGRÁFICA, QUE PERMITA DETERMINAR EL GRADO DE AFECTACIÓN POR EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES.

PROMOVENTE: MANUEL FRANCISCO ANTONIO PARIENTE GAVITO

MAYO, 2026

Contenido

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y FAUNÍSTICA DEL ÁREA SUJETA A CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES CON RELACIÓN A LOS TIPOS DE VEGETACIÓN DEL ECOSISTEMA DE LA CUENCA, SUBCUENCA O MICROCUENCA HIDROGRÁFICA, QUE PERMITA DETERMINAR EL GRADO DE AFECTACIÓN POR EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES. 1

6.1. ANÁLISIS COMPARATIVO POR TIPO DE VEGETACIÓN Y SUS ESTRATOS, NÚMERO DE INDIVIDUOS POR HECTÁREA Y DIVERSIDAD FLORÍSTICA A TRAVÉS DE ÍNDICES. ... 1

6.1.1. SISTEMA AMBIENTAL. 1

6.1.1.1. COMPOSICIÓN DE LA BIODIVERSIDAD (RIQUEZA, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD). 1

6.1.1.1.1. RIQUEZA. 2

6.1.1.1.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN. 3

6.1.1.1.2.1. ESTRUCTURA HORIZONTAL. 3

6.1.1.1.2.2. ESTRUCTURA VERTICAL. 11

6.1.2. ÁREA DE CUSTF. 15

6.1.2.1. COMPOSICIÓN DE LA BIODIVERSIDAD (RIQUEZA, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD). 15

6.1.2.1.1. RIQUEZA. 16

6.1.2.1.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN. 17

6.1.2.1.2.1. ESTRUCTURA HORIZONTAL. 17

6.1.2.1.2.2. ESTRUCTURA VERTICAL. 22

6.2. FAUNA. 27

6.2.1. SISTEMA AMBIENTAL. 27

6.2.1.1. COMPOSICIÓN DE LA BIODIVERSIDAD (RIQUEZA, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD). 27

6.2.1.1.1. RIQUEZA DE ESPECIES. 27

6.2.1.1.2. ABUNDANCIA Y ABUNDANCIA RELATIVA. 28

6.2.2. ÁREA DE CUSTF. 30

6.2.2.1. COMPOSICIÓN DE LA BIODIVERSIDAD (RIQUEZA, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD). 30

6.2.2.1.1. RIQUEZA DE ESPECIES. 30
6.2.2.1.2. ABUNDANCIA Y ABUNDANCIA RELATIVA. 31

Lista de Figuras

Figura 1. Clasificación para el análisis de la distribución vertical de especies. 12
Figura 2. Esquema de estratificación vertical de la flora en el Sistema Ambiental. 14
Figura 1. Clasificación para el análisis de la distribución vertical de especies. 24
Figura 2. Esquema de estratificación vertical de la flora en el Área de CUSTF. 25

Lista de Tablas

Tabla 1. Listado de especies de flora por estrato presentes en el Sistema Ambiental. 3
Tabla 2. Estructura horizontal del Estrato Arbóreo del Sistema Ambiental. 7
Tabla 3. Estructura horizontal del Estrato Arbustivo del Sistema Ambiental. 8
Tabla 4. Estructura horizontal del Estrato Herbáceo del Sistema Ambiental. 9
Tabla 5. Estructura horizontal de las Especies No Maderables del Sistema Ambiental. 9
Tabla 6. IVI y VIR del Estrato Arbóreo del Sistema Ambiental. 10
Tabla 7. IVI y VIR del Estrato Arbustivo del Sistema Ambiental. 10
Tabla 8. IVI y VIR del Estrato Herbáceo del Sistema Ambiental. 11
Tabla 9. IVI y VIR de las Especies No Maderables del Sistema Ambiental. 11
Tabla 10. Estratos verticales en el Sistema Ambiental. 13
Tabla 11. Altura mínima y máxima por especies en el Sistema Ambiental. 13
Tabla 12. Índice A de Pretzsch para el Sistema Ambiental. 15
Tabla 13. Listado de especies de flora en el Área de CUSTF. 17
Tabla 14. Estructura horizontal del Estrato Arbóeo del Área de CUSTF. 20
Tabla 15. Estructura horizontal del Estrato Arbustivo del Área de CUSTF. 20
Tabla 16. Estructura horizontal del Estrato herbáceo del Área de CUSTF. 21
Tabla 17. IVI y VIR del Estrato Arbóreo del Área de CUSTF. 22
Tabla 18. IVI y VIR del Estrato Arbustivo del Área de CUSTF. 22
Tabla 19. IVI y VIR del Estrato Herbáceo del Área de CUSTF. 22
Tabla 20. Estratos verticales en el Área de CUSTF. 24
Tabla 21. Altura mínima y máxima por especies en el Área de CUSTF. 25
Tabla 22. Índice A de Pretzsch para el Área de CUSTF. 26

Tabla 23. Abundancia y Abundancia Relativa de la Clase Anfibios presente en el Sistema Ambiental. 28
Tabla 24. Abundancia y Abundancia Relativa de la Clase Reptiles presente en el Sistema Ambiental. 28
Tabla 25. Abundancia y Abundancia Relativa de la Clase Aves presente en el Sistema Ambiental. 29
Tabla 26. Abundancia y Abundancia Relativa de la Clase Mamíferos presente en el Sistema Ambiental. 30
Tabla 27. Abundancia y Abundancia Relativa de la Clase Reptiles presente en el Área de CUSTF. 31
Tabla 28. Abundancia y Abundancia Relativa de la Clase Aves presente en el Área de CUSTF. 32
Tabla 29. Abundancia y Abundancia Relativa de la Clase Mamíferos presente en el Área de CUSTF. 32

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Riqueza de especies presente en el Sistema Ambiental. 2
Gráfico 2. Riqueza de especies de flora en el Área de CUSTF. 16
Gráfico 3. Riqueza de especies por Clase Faunística en el Sistema Ambiental. 27
Gráfico 4. Riqueza de especies por Familia Faunística en el Sistema Ambiental. 27
Gráfico 5. Riqueza de especies por Clase Faunística en el Área de CUSTF. 30
Gráfico 6. Riqueza de especies por Familia Faunística en el Área de CUSTF. 31

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y FAUNÍSTICA DEL ÁREA SUJETA A CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES CON RELACIÓN A LOS TIPOS DE VEGETACIÓN DEL ECOSISTEMA DE LA CUENCA, SUBCUENCA O MICROCUENCA HIDROGRÁFICA, QUE PERMITA DETERMINAR EL GRADO DE AFECTACIÓN POR EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES.

6.1. ANÁLISIS COMPARATIVO POR TIPO DE VEGETACIÓN Y SUS ESTRATOS, NÚMERO DE INDIVIDUOS POR HECTÁREA Y DIVERSIDAD FLORÍSTICA A TRAVÉS DE ÍNDICES.

La biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de la vida. Este reciente concepto incluye varios niveles de la organización biológica. Abarca a la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. En función de esto podemos reconocer tres atributos: composición, estructura y función.

La composición es la identidad y variedad de los elementos (incluye qué especies están presentes y cuántas hay, abundancia), la estructura es la organización física o el patrón del sistema (incluye abundancia relativa de las especies, densidad relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa, valor de importancia relativo, etc.) y la función son los procesos ecológicos y evolutivos (incluye a la depredación, competencia, parasitismo, dispersión, polinización, simbiosis, ciclo de nutrientes, perturbaciones naturales, etc.).

El presente DTU-B abarcara lo referente a la composición y a la estructura de la biodiversidad.

6.1.1. SISTEMA AMBIENTAL.

6.1.1.1. COMPOSICIÓN DE LA BIODIVERSIDAD (RIQUEZA, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD).

Para la composición de la biodiversidad, derivado de los muestreos efectuados se obtendrán los valores de riqueza y abundancia, mientras que, para la metodología para el cálculo de la Diversidad de flora, será mediante el Índice de Shannon – Wiener, Índice de Simpson e Índice de Margalef.

Recientemente se ha resaltado la necesidad de incrementar las aproximaciones al nivel de comunidades y paisajes, más que las aproximaciones basadas en las especies, para mantener la mayor parte de la diversidad biológica existente. Bajo una perspectiva de

comunidades, además de conservar a las especies que viven en ellos, se conservan los procesos y los hábitats.

La diversidad al nivel de comunidades puede analizarse, al igual que la diversidad alfa de especies, como la riqueza (número de comunidades distintas presentes en un paisaje) o la estructura (proporción de cada comunidad dentro de un paisaje). Este segundo componente se refiere al grado de heterogeneidad dentro de los paisajes. Para ello, en ecología del paisaje se han desarrollado distintas aproximaciones cuantitativas, la mayoría de ellas basadas en la teoría de la información (Turner y Gardner, 1991).

6.1.1.1.1. RIQUEZA.

En el Sistema Ambiental se identificaron en total 26 especies, distribuidas en 15 familias, siendo la Familia Fabaceae la mejor representada con 5 especies (Gráfico 1). En base a la distribución por estrato, 3 especies corresponden al estrato arbóreo, 7 especies pertenecen al estrato arbustivo, 15 especies son del estrato herbáceo (el mejor representado) y una especie no maderable.



Gráfico 1. Riqueza de especies presente en el Sistema Ambiental.

La lista de especies determinadas en el Sistema Ambiental, es la siguiente:

Estrato	Familia	Especie	Nombre común
Arboreo	Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cancerina
Arboreo	Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Huizache
Arboreo	Salicaceae	*Casearia corymbosa*	Cafecito
Arbustivo	Cordiaceae	*Varronia curassavica*	Sangre de toro
Arbustivo	Euphorbiaceae	*Euphorbia hyssopifolia*	Hierba de la golondrina
Arbustivo	Fabaceae	*Vachellia collinsii*	Ixcanal

Estrato	Familia	Especie	Nombre común
Arbustivo	Loasaceae	*Mentzelia aspera*	Pegaropa
Arbustivo	Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva
Arbustivo	Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negrito
Arbustivo	Verbenaceae	*Phyla nodiflora*	Bella alfombra
Herbaceo	Amaranthaceae	*Gomphrena decumbens*	Cabezona
Herbaceo	Asteraceae	*Pectis multiflosculosa*	Limoncillo costero
Herbaceo	Convolvulaceae	*Distimake cissoides*	Trompetilla
Herbaceo	Convolvulaceae	*Ipomoea pes-caprae*	Riñonina
Herbaceo	Cyperaceae	*Cyperus polystachyos*	Pata de gallo
Herbaceo	Euphorbiaceae	*Acalypha monostachya*	Hierba del cancer
Herbaceo	Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa
Herbaceo	Fabaceae	*Indigofera hirsuta*	Añil velloso
Herbaceo	Fabaceae	*Tephrosia cinerea*	Barbasco medicinal
Herbaceo	Malvaceae	*Herissantia crispa*	Hierba del campo
Herbaceo	Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá
Herbaceo	Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo
Herbaceo	Poaceae	*Jouvea pilosa*	Pasto salado
Herbaceo	Poaceae	*Sporobolus virginicus*	Pasto
Herbaceo	Poaceae	*Uniola pittieri*	Arroz de costa
No maderable	Cactaceae	*Acanthocereus tetragonus*	Cruceta

Tabla 1. Listado de especies de flora por estrato presentes en el Sistema Ambiental.

6.1.1.1.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN.

6.1.1.1.2.1. ESTRUCTURA HORIZONTAL.

La estructura de la vegetación se refiere a la distribución de los estratos, tanto en el plano horizontal como en el vertical. La estructura horizontal puede ser determinada por parámetros como la abundancia, densidad, frecuencia y dominancia de las especies, los cuales permiten evaluar la presencia, el tamaño y la distribución de las especies en el Sistema Ambiental.

Abundancia.

La abundancia hace referencia al número de individuos por hectárea y por especie, en relación con el número total de individuos presentes en el Sistema Ambiental. Se distinguen dos tipos:

Abundancia absoluta: Número total de individuos por especie (i).

$$A.\ Abs = \sum n_i$$

Abundancia relativa: Proporción que representan los individuos de cada especie (i) respecto al total de individuos del ecosistema (∑N).

$$\text{A. Rel} = \frac{n_i}{\sum N} * 100$$

Densidad.

La densidad es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o de un grupo de plantas dentro de un área determinada. Este indicador expresa cuántos individuos se encuentran en una superficie específica, proporcionando información sobre la concentración y distribución de la vegetación en el sitio. Se distinguen dos tipos:

Densidad absoluta: Número total de individuos por especie (i) respecto a la superficie muestreada (A) expresada en hectáreas.

$$\text{D. Abs} = \frac{n_i}{A}$$

Densidad relativa: Densidad de la especie (n_i) respecto a la suma de las densidades de todas las especies ($\sum n_i$).

$$\text{D. Rel} = \frac{n_i}{\sum n_i} * 100$$

Frecuencia.

La frecuencia permite determinar el número de Transectos en las que aparece una determinada especie, en relación con el total de Transectos. En otras palabras, indica la existencia o ausencia de una especie en cada Transecto de muestreo del Sistema Ambiental. Se distingue como:

Frecuencia absoluta: Número total de Transectos de muestreo donde se encuentra la especie (U_i).

$$\text{F. Abs} = U_i$$

Frecuencia relativa: Proporción respecto de la especie (U_i), respecto a la suma de las densidades de todas las especies ($\sum U_i$).

$$\text{F. Rel} = \frac{U_i}{\sum U_i} * 100$$

Dominancia.

La dominancia se relaciona con el grado de cobertura de las especies, como manifestación del espacio que ocupan dentro de la comunidad vegetal. Tradicionalmente, se determina mediante la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles sobre el

suelo. Sin embargo, debido a que la estructura vertical de los bosques naturales tropicales es muy compleja, la medición directa de estas proyecciones resulta difícil o, en ocasiones, imposible. Por esta razón, se utiliza el área basal de los árboles, dado que existe una alta correlación lineal entre el diámetro de la copa y el fuste.

El Área Basal (AB), es una medida utilizada para estimar el volumen y la importancia estructural de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas dentro de un ecosistema. Por definición, corresponde a la superficie de una sección transversal del tallo o tronco de un individuo a una determinada altura sobre el suelo. Como parámetro, se requiere el diámetro (D) tomado a nivel de suelo, o diámetro a la altura del pecho (DAP).

Como el diámetro se registra normalmente en centímetros, debe convertirse a metros dividiendo entre 100 para aplicarlo a la fórmula del área basal:

$$\mathbf{AB} = 0.7584 \left(\frac{D}{100}\right)^2$$

En cuando a la dominancia, se distingue como:

Dominancia absoluta: Se calcula como la sumatoria de las áreas basales de los individuos de una especie (∑Di) dentro del área muestreada, y se expresa en metros cuadrados (m^2).

$$\mathbf{D.\ Abs} = D_i$$

Dominancia relativa: Proporción respecto de la especie (D_i), respecto a la suma de las densidades de todas las especies ($\sum D_i$).

$$\mathbf{D.\ Rel} = \frac{D_i}{\sum D_i} * 100$$

Índice de Valor de Importancia (IVI).

El Índice de Valor de Importancia (IVI), es uno de los indicadores más utilizados para evaluar la relevancia ecológica de las especies dentro de una comunidad vegetal. Este índice se calcula para cada especie mediante la suma de la abundancia relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa.

El IVI permite comparar el peso ecológico de cada especie dentro del bosque, integrando sus atributos cuantitativos y estructurales. Cuando varias especies presentan valores similares de IVI, ello sugiere una equidad o semejanza en la composición, la estructura, la calidad del sitio y la dinámica del ecosistema forestal.

$$\mathbf{IVI} = A.Rel + F.Rel + D.Rel$$

En cuanto al Valor de Importancia Relativo (VIR) se obtiene dividiendo el Índice de Valor de Importancia (IVI) entre tres. Este ajuste permite expresar el aporte ecológico de cada especie en una escala relativa de 0 a 100, facilitando la comparación entre especies y la interpretación de su papel dentro de la comunidad vegetal.

$$VIR = \frac{IVI}{3}$$

PARÁMETROS ESTRUCTURALES PARA LA CARACTERIZACIÓN HORIZONTAL.

Enseguida, se presentan los parámetros estructurales para la caracterización horizontal de la vegetación en el Sistema Ambiental:

Estrato Arbóreo.

En el estrato arbóreo del Sistema Ambiental, se detectaron 46 individuos de tres especies diferentes, donde la que presento la mayor abundancia y abundancia relativa fue la Cancerina (*Semialarium mexicanum*) con 28 individuos de abundancia (60.87% de abundancia relativa), mientras que el Huizache (*Neltuma juliflora*) y el Cafecito (*Casearia corymbosa*) presentaron los valores más bajos con 9 individuos (19.57%) cada una. La densidad y densidad relativa se basa en la abundancia, por ende, la Cancerina (*Semialarium mexicanum*) presento el valor más alto de densidad con 187 individuos/ha (60.91% de densidad relativa) y el Huizache (*Neltuma juliflora*) y el Cafecito (*Casearia corymbosa*) presentaron los valores más bajos con 60 individuos/ha (19.54%).

La frecuencia y frecuencia relativa establecen la cantidad de veces que las especies son detectadas en los transectos efectuados (25 transectos en el SA), donde, la Cancerina (*Semialarium mexicanum*) fue detectado en 5 transectos, presentando una frecuencia relativa del 45.45%, seguido por el Huizache (*Neltuma juliflora*) que se encuentra presente en 4 transectos, para una frecuencia relativa de 36.36%, por último, el Cafecito (*Casearia corymbosa*), que se detectó en 2 transectos, presentando una frecuencia relativa de 18.18%.

La dominancia y dominancia relativa se basa en la suma área basal de cada especie, donde nuevamente la Cancerina (*Semialarium mexicanum*) en conjunto con el Cafecito (*Casearia corymbosa*), presentaron el valor más alto con 37.01% de dominancia relativa cada uno, siendo el Huizache (*Neltuma juliflora*) la que presento el valor más bajo de dominancia relativa con 25.98%.

Especie	Nombre común	Abun[1]	Abun-Rel[2]	Den[3]	Den-Rel[4]	Fre[5]	Fre-Rel[6]	Dom[7]	Dom-Rel[8]
Semialarium mexicanum	Cancerina	28	60.87%	187	60.91%	0.2000	45.45%	0.3701	37.01%
Neltuma juliflora	Huizache	9	19.57%	60	19.54%	0.1600	36.36%	0.2598	25.98%
Casearia corymbosa	Cafecito	9	19.57%	60	19.54%	0.0800	18.18%	0.3701	37.01%
Total		**46**	**100%**	**307**	**100%**	**0.4400**	**100%**	**1.0000**	**100%**

Tabla 2. Estructura horizontal del Estrato Arbóreo del Sistema Ambiental.

Estrato Arbustivo.

Para el estrato arbustivo del Sistema Ambiental, se presentaron 287 individuos de 7 especies diferentes, donde las más abundantes fueron: la Bella alfombra (*Phyla nodiflora*) con un total de 33 individuos de abundancia y una abundancia relativa de 11.50%, compartiendo el segundo lugar, la Sangre de toro (*Varronia curassavica*) y el Cinco negrito (*Lantana camara*) con 42 individuos y 14.63 de abundancia relativa y, el primer lugar lo ocupa la Malva (*Waltheria indica*) con 133 individuos que representan el 46.34% de la abundancia total; mientras que la menor abundancia corresponde a la Hierba de la golondrina (*Euphorbia hyssopifolia*) con 5 individuos (1.74% de abundancia relativa). La densidad y densidad relativa al obtenerse de los valores de abundancia, presentan el mismo patrón que la abundancia, donde las especies con la densidad y densidad relativa más altos son: a Bella alfombra (*Phyla nodiflora*) con un total de 220 individuos/ha (3.23%), la Sangre de toro (*Varronia curassavica*) y el Cinco negrito (*Lantana camara*) con 280 individuos/ha (14.64%) y, el primer lugar lo ocupa la Malva (*Waltheria indica*) con 887 individuos/ha (46.37%), la Hierba de la golondrina (*Euphorbia hyssopifolia*) presento la densidad más baja con 33 individuos/ha (1.73%).

Como se mencionó anteriormente la frecuencia y frecuencia relativa se establece a partir de la cantidad de veces que las especies son detectadas en los transectos efectuados (25 transectos en el SA), donde el Cinco negrito (*Lantana camara*) presenta una frecuencia relativa de 16.13%, seguido por el Ixcanal (*Vachellia collinsii*) con el19.35% de frecuencia relativa, la Malva (*Waltheria indica*) una vez más presento el valor más alto, solo que en este caso se refiere a la frecuencia relativa con 41.94%. Las especies con la frecuencia relativa más baja fueron: la Hierba de la golondrina (*Euphorbia hyssopifolia*); el Pegaropa (*Mentzelia aspera*) y la Bella alfombra (*Phyla nodiflora*) al obtener 3.23%.

La dominancia y dominancia relativa se obtiene con el área basal que cada especie en conjunto con sus individuos presentan, donde, la Sangre de toro (*Varronia curassavica*) ocupo

[1] Abun = Abundancia.
[2] Abun-Rel = Abundancia Relativa.
[3] Den = Densidad.
[4] Den-Rel = Densidad Relativa.
[5] Fre = Frecuencia.
[6] Fre-Rel = Frecuencia Relativa.
[7] Dom = Dominancia.
[8] Dom-Rel = Dominancia Relativa.

el tercer lugar con el 10.00% de dominancia relativa, seguido por el Cinco negrito (*Lantana camara*) con el 25.71% de frecuencia relativa, mientras que la Malva (*Waltheria indica*) volvió a ocupar el primer lugar, ahora en dominancia relativa con el 53.57%.

Especie	Nombre común	Abun	Abun-Rel	Den	Den-Rel	Fre	Fre-Rel	Dom	Dom-Rel
Varronia curassavica	Sangre de toro	42	14.63%	280	14.64%	0.1600	12.90%	0.1000	10.00%
Euphorbia hyssopifolia	Hierba de la golondrina	5	1.74%	33	1.73%	0.0400	3.23%	0.0000	0.00%
Vachellia collinsii	Ixcanal	24	8.36%	160	8.36%	0.2400	19.35%	0.0857	8.57%
Mentzelia aspera	Pegaropa	8	2.79%	53	2.77%	0.0400	3.23%	0.0143	1.43%
Waltheria indica	Malva	133	46.34%	887	46.37%	0.5200	41.94%	0.5357	53.57%
Lantana camara	Cinco negrito	42	14.63%	280	14.64%	0.2000	16.13%	0.2571	25.71%
Phyla nodiflora	Bella alfombra	33	11.50%	220	11.50%	0.0400	3.23%	0.0071	0.71%
Total		**287**	**100%**	**1,913**	**100%**	**1.2400**	**100%**	**1.0000**	**100%**

Tabla 3. Estructura horizontal del Estrato Arbustivo del Sistema Ambiental.

Estrato Herbáceo.

El estrato herbáceo del Sistema Ambiental se encuentra representado por 3,891 individuos distribuidos en 15 especies, donde las más abundantes son: la Cabezona (*Gomphrena decumbens*) con 468 individuos de abundancia (12.03%), el Barbasco medicinal (*Tephrosia cinerea*) con 657 individuos (16.89%) y en primer lugar el Pasto (*Sporobolus virginicus*) con 883 individuos (22.69%). La especie con la menor abundancia fue la Pata de gallo (*Cyperus polystachyos*) con 17 individuos (0.44%). La densidad y densidad relativa presenta el mismo patrón donde las especies con los valores más altos de densidad y densidad relativa corresponden a: la Cabezona (*Gomphrena decumbens*) con una densidad de 3,120 individuos/ha (12.03%), el Barbasco medicinal (*Tephrosia cinerea*) con 4,380 individuos/ha (16.89%) y en primer lugar el Pasto (*Sporobolus virginicus*) con 5,887 individuos/ha (22.69%), la menor densidad corresponde a la Pata de gallo (*Cyperus polystachyos*) con 113 individuos/ha (0.44%).

Mientras que la frecuencia y frecuencia relativa las especies con los valores más altos, son: el Frijol de playa (*Canavalia rosea*) con el 11.00% de frecuencia relativa, la Cabezona (*Gomphrena decumbens*) y el Zacate cadillo (*Cenchrus echinatus*) comparten el segundo lugar con 11.50% de frecuencia relativa, el primer lugar también es compartido, entre el Pasto (*Sporobolus virginicus*) y el Barbasco medicinal (*Tephrosia cinerea*) con una frecuencia relativa de 12.50%. Mientras que la Pata de gallo (*Cyperus polystachyos*) presento la menor frecuencia relativa con el 0.50%.

Las especies que presentaron los valores más altos de dominancia relativa fueron: la Cabezona (*Gomphrena decumbens*) con el 12.17% de dominancia relativa, el Pasto (*Sporobolus virginicus*) con una dominancia relativa de 13.72% y, el primer lugar corresponde al Arroz de costa (*Uniola pittieri*) con el 23.67% de dominancia relativa. La menor dominancia relativa corresponde a la Hierba de campo (*Herissantia crispa*) con el 0.22%.

Especie	Nombre común	Abun	Abun-Rel	Den	Den-Rel	Fre	Fre-Rel	Dom	Dom-Rel
Gomphrena decumbens	Cabezona	468	12.03%	3,120	12.03%	0.9200	11.50%	0.1217	12.17%
Pectis multiflosculosa	Limoncillo costero	140	3.60%	933	3.60%	0.3200	4.00%	0.0177	1.77%
Distimake cissoides	Trompetilla	67	1.72%	447	1.72%	0.1600	2.00%	0.0022	0.22%
Ipomoea pes-caprae	Riñonina	26	0.67%	173	0.67%	0.2800	3.50%	0.0420	4.20%
Cyperus polystachyos	Pata de gallo	17	0.44%	113	0.44%	0.0400	0.50%	0.0664	6.64%
Acalypha monostachya	Hierba del cancer	69	1.77%	460	1.77%	0.2000	2.50%	0.0044	0.44%
Canavalia rosea	Frijol de playa	260	6.68%	1,733	6.68%	0.8800	11.00%	0.0553	5.53%
Indigofera hirsuta	Añil velloso	229	5.89%	1,527	5.89%	0.6800	8.50%	0.0664	6.64%
Tephrosia cinerea	Barbasco medicinal	657	16.89%	4,380	16.89%	1.0000	12.50%	0.0752	7.52%
Herissantia crispa	Hierba del campo	44	1.13%	293	1.13%	0.1600	2.00%	0.0022	0.22%
Passiflora ciliata	Maracuyá	226	5.81%	1,507	5.81%	0.6400	8.00%	0.0221	2.21%
Cenchrus echinatus	Zacate cadillo	425	10.92%	2,833	10.92%	0.9200	11.50%	0.0951	9.51%
Jouvea pilosa	Pasto salado	330	8.48%	2,200	8.48%	0.6800	8.50%	0.0553	5.53%
Sporobolus virginicus	Pasto	883	22.69%	5,887	22.70%	1.0000	12.50%	0.1372	13.72%
Uniola pittieri	Arroz de costa	50	1.29%	333	1.28%	0.1200	1.50%	0.2367	23.67%
Total		**3,891**	**100%**	**25,939**	**100%**	**8.0000**	**100%**	**1.0000**	**100%**

Tabla 4. Estructura horizontal del Estrato Herbáceo del Sistema Ambiental.

Especies No Maderables.

De las especies no maderables, solo se encontraron 29 individuos de la Cruceta (*Acanthocereus tetragonus*) por lo tanto, está especie presenta el 100% de abundancia relativa, de densidad relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa. En cuanto a su densidad, está fue de 193 individuos/ha.

Especie	Nombre común	Abun	Abun-Rel	Den	Den-Rel	Fre	Fre-Rel	Dom	Dom-Rel
Acanthocereus tetragonus	Cruceta	29	100.00%	193	100.00%	0.2000	100.00%	0.0000	0.00%
Total		**29**	**100%**	**193**	**100%**	**0.2000**	**100%**	**0.0000**	**0%**

Tabla 5. Estructura horizontal de las Especies No Maderables del Sistema Ambiental.

ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA Y VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA

Como se describió anteriormente, el valor del IVI se obtiene a partir de la suma de los valores de densidad relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa; mientras que el VIR se obtiene de dividir el valor del IVI entre 3.

En cuanto al Índice de Valor de Importancia y Valor de Importancia Relativa, este se presenta a continuación:

Estrato Arbóreo.

Al detectarse solo tres especies, la especie con el valor más alto de IVI fue la Cancerina (*Semialarium mexicanum*) con un IVI de 143.37% y un VIR de 47.79%. Mientras que la especie con el valor más bajo fue el Cafecito (*Casearia corymbosa*) con el 74.73% de IVI y 24.91% de VIR.

Especie	Nombre común	IVI[9]	VIR[10]
Semialarium mexicanum	Cancerina	143.37%	47.79%
Neltuma juliflora	Huizache	81.89%	27.30%
Casearia corymbosa	Cafecito	74.73%	24.91%
Total		**300%**	**100%**

Tabla 6. IVI y VIR del Estrato Arbóreo del Sistema Ambiental.

Estrato Arbustivo.

De los arbustos, las especies con los valores más altos de IVI y VIR, son: la Sangre de toro (*Varronia curassavica*) con un IVI = 37.54% y un VIR = 12.51%, el Cinco negrito (*Lantana camara*) con 56.48% de IVI y 18.83% de VIR, mientras que la Malva (*Waltheria indica*) que fue la que presento los valores más altos de densidad relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa, presento un IVI = 141.87% y un VIR = 47.29%. La Hierba de la golondrina (*Euphorbia hyssopifolia*) presento el menor valor de IVI con 4.95% y de VIR con 1.65%.

Especie	Nombre común	IVI	VIR
Varronia curassavica	Sangre de toro	37.54%	12.51%
Euphorbia hyssopifolia	Hierba de la golondrina	4.95%	1.65%
Vachellia collinsii	Ixcanal	36.29%	12.10%
Mentzelia aspera	Pegaropa	7.42%	2.47%
Waltheria indica	Malva	141.87%	47.29%
Lantana camara	Cinco negrito	56.48%	18.83%
Phyla nodiflora	Bella alfombra	15.44%	5.15%
Total		**300%**	**100%**

Tabla 7. IVI y VIR del Estrato Arbustivo del Sistema Ambiental.

Estrato Herbáceo.

Las especies herbáceas con los valores más altos de IVI y VIR fueron: la Cabezona (*Gomphrena decumbens*) con IVI = 35.70% y VIR =11.90%, el Barbasco medicinal (*Tephrosia cinerea*) con un IVI de 36.91% y un VIR de 12.30%, mientras que la especie que presenta el valor más alto fue el Pasto (*Sporobolus virginicus*) con un IVI = 48.91% y un VIR = 16.30%. La Hierba de campo (*Herissantia crispa*) presento los valores más bajos con un IVI = 3.35% y un VIR = 1.12%.

Especie	Nombre común	IVI	VIR
Gomphrena decumbens	Cabezona	35.70%	11.90%
Pectis multiflosculosa	Limoncillo costero	9.37%	3.12%
Distimake cissoides	Trompetilla	3.94%	1.31%
Ipomoea pes-caprae	Riñonina	8.37%	2.79%
Cyperus polystachyos	Pata de gallo	7.57%	2.52%
Acalypha monostachya	Hierba del cancer	4.72%	1.57%
Canavalia rosea	Frijol de playa	23.21%	7.74%
Indigofera hirsuta	Añil velloso	21.02%	7.01%
Tephrosia cinerea	Barbasco medicinal	36.91%	12.30%
Herissantia crispa	Hierba del campo	3.35%	1.12%

[9] IVI = Índice de Valor de Importancia.
[10] VIR = Valor de Importancia Relativo.

Especie	Nombre común	IVI	VIR
Passiflora ciliata	Maracuyá	16.02%	5.34%
Cenchrus echinatus	Zacate cadillo	31.94%	10.65%
Jouvea pilosa	Pasto salado	22.51%	7.50%
Sporobolus virginicus	Pasto	48.91%	16.30%
Uniola pittieri	Arroz de costa	26.46%	8.82%
Total		**300%**	**100%**

Tabla 8. IVI y VIR del Estrato Herbáceo del Sistema Ambiental.

Especies No Maderables.

Como solo se detectó a la Cruceta (*Acanthocereus tetragonus*) en las especies no maderables, esta presenta un IVI de 200% y un VIR del 100%.

Especie	Nombre común	IVI	VIR
Acanthocereus tetragonus	Cruceta	200.00%	100.00%
Total		**200.00%**	**100.00%**

Tabla 9. IVI y VIR de las Especies No Maderables del Sistema Ambiental.

6.1.1.1.2.2. ESTRUCTURA VERTICAL.

La Estructura Vertical se refiere a la estratificación vertical o estratificación de las comunidades forestales en el espacio, que es una característica fundamental de una comunidad vegetal, se refiere a cómo los árboles se distribuyen en diferentes alturas, desde el suelo hasta el dosel (la capa superior de copas de árboles). Los bosques pueden tener diferentes estratos, que son capas de vegetación definidas por la altura de las plantas (Zhou, 2023).

Para el análisis de la estructura vertical se empleó el índice A de Pretzsch de distribución vertical de especies (Rosalino *et al*, 2022).

$$A = \sum_{i=1}^{S} \sum_{j=1}^{Z} P_{ij} * \ln P_{ij}$$

Donde:

- A: índice A de Pretzsch de distribución vertical de especies
- S: número de especies presentes
- Z: Número de estratos de altura
- Pij: porcentaje de especies (i) en cada sitio (j)

$$P_{ij}: N_{ij}/N$$

donde:

- Nij= número de individuos de la misma especie (i) en la zona (j)

- N = número total de individuos

El índice A es una modificación del índice de Shannon, que se representa en tres estratos, con base en la altura máxima, lo que permite analizar la dinámica de las especies arbóreas a través de las proporciones y dimensiones de estas (Rubio-Camacho et al., 2014). Del índice A se derivan las ecuaciones 3 y 4.

$$A_{mx} = \ln (S*Z)$$

$$A_{rel} = \frac{A}{\ln (S*Z)} *100$$

Dónde:

- A_{max}: valor máximo de A
- A_{rel}: porcentaje estandarizado del índice A

El resto de las variables se definen a partir de la mayor altura.

Los estratos se establecen con base en el árbol de mayor altura (100%): estrato I (80% - 100%), estrato II (50% - 80%) y estrato III (0% - 50%).

Índice A de Pretzsch

El índice A es una modificación del índice Shannon en que tres estratos son representados de acuerdo a la altura máxima registrada. El **estrato I** comprende las alturas con un rango de 80 a 100%, donde el árbol más alto constituye 100%, y a partir del cual se definen las proporciones de los árboles subsiguientes; el **estrato II** comprende las alturas con 50%-80% de la altura total registrada, y el **estrato III** va de 0 a 50%. Del índice A se derivan el A_{max} y que corresponde al valor máximo de A, dado por el número de especies y zonas de altura; y el A_{rel}, que es la estandarización en porciento del índice A.

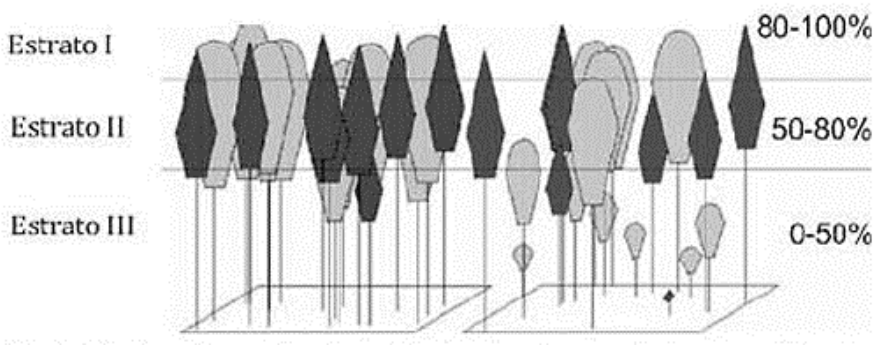


Figura 1. Clasificación para el análisis de la distribución vertical de especies.
Fuente: Pretzch (2009)

Enseguida, se presentan los parámetros estructurales para la caracterización vertical de la vegetación en el Sistema Ambiental:

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LOS ESTRATOS

De acuerdo con los datos registrados en campo, en el Estrato I se obtuvo una altura máxima de 2.5 m y una mínima de 2 m; en el Estrato II, una altura máxima de 1.9 m y mínima de 1.3 m; mientras que en el Estrato III, la altura máxima fue de 1.2 m y la mínima de 0.0 m.

Altura Máxima	2.5
Estrato I	2 - 2.5
Estrato II	1.3 - 1.9
Estrato III	0 - 1.2

Tabla 10. Estratos verticales en el Sistema Ambiental.

Vertical	Familia	Especie	Nombre común	Altura Máxima	Altura Mínima
Estrato I	Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Huizache	2	2.5
Estrato II	Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cancerina	1.32	1.7
Estrato II	Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Huizache	1.3	1.6
Estrato II	Cordiaceae	*Varronia curassavica*	Sangre de toro	1.3	1.3
Estrato II	Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva	1.65	1.65
Estrato II	Convolvulaceae	*Ipomoea pes-caprae*	Riñonina	1.3	1.62
Estrato II	Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	1.3	1.73
Estrato II	Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá	1.25	1.6
Estrato III	Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cancerina	0.62	1.2
Estrato III	Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Huizache	0.65	0.9
Estrato III	Salicaceae	*Casearia corymbosa*	Cafecito	0.78	1.16
Estrato III	Cordiaceae	*Varronia curassavica*	Sangre de toro	0.13	1.2
Estrato III	Euphorbiaceae	*Euphorbia hyssopifolia*	Hierba de la golondrina	0.26	0.65
Estrato III	Fabaceae	*Vachellia collinsii*	Ixcanal	0.42	1.1
Estrato III	Loasaceae	*Mentzelia aspera*	Pegaropa	0.39	0.49
Estrato III	Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva	0.32	1.2
Estrato III	Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negrito	0.45	0.95
Estrato III	Verbenaceae	*Phyla nodiflora*	Bella alfombra	0.1	0.35
Estrato III	Amaranthaceae	*Gomphrena decumbens*	Cabezona	0.16	0.93
Estrato III	Asteraceae	*Pectis multiflosculosa*	Limoncillo costero	0.12	0.76
Estrato III	Convolvulaceae	*Distimake cissoides*	Trompetilla	0.2	0.7
Estrato III	Convolvulaceae	*Ipomoea pes-caprae*	Riñonina	0.96	1.2
Estrato III	Cyperaceae	*Cyperus polystachyos*	Pata de gallo	0.7	0.95
Estrato III	Euphorbiaceae	*Acalypha monostachya*	Hierba del cancer	0.11	0.5
Estrato III	Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	0.16	1.2
Estrato III	Fabaceae	*Indigofera hirsuta*	Añil velloso	0.23	0.87
Estrato III	Fabaceae	*Tephrosia cinerea*	Barbasco medicinal	0.12	1.16
Estrato III	Malvaceae	*Herissantia crispa*	Hierba del campo	0.15	0.52
Estrato III	Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá	0.25	1.2
Estrato III	Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo	0.14	1.16
Estrato III	Poaceae	*Jouvea pilosa*	Pasto salado	0.15	0.85
Estrato III	Poaceae	*Sporobolus virginicus*	Pasto	0.12	0.76
Estrato III	Poaceae	*Uniola pittieri*	Arroz de costa	0.22	1.2

Tabla 11. Altura mínima y máxima por especies en el Sistema Ambiental.

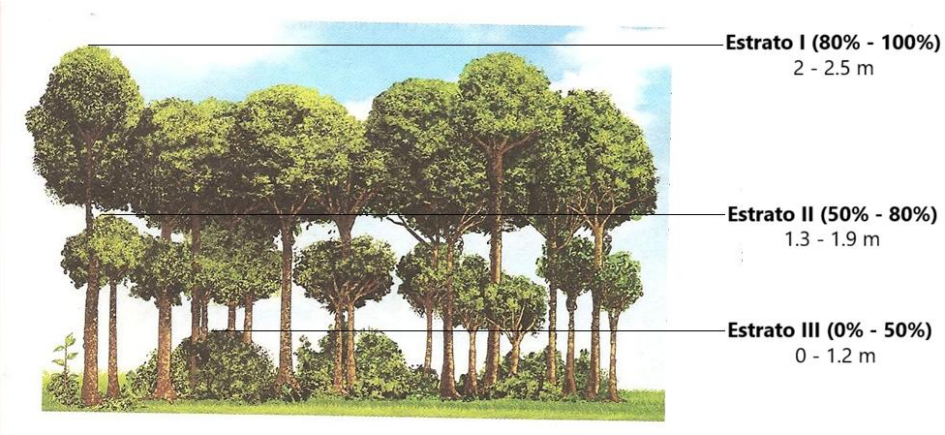


Figura 2. Esquema de estratificación vertical de la flora en el Sistema Ambiental.

El análisis de la estructura vertical mediante el índice de Priezth arrojó un valor de **A = 2.5738**, con un valor máximo teórico (A_{max}) de **4.5951** y una diversidad vertical relativa (A_{rel}) de **56.01%**. Lo anterior se interpreta como una diversidad vertical moderada. El valor de A = 2.5738 sobre un máximo posible de 4.5951 indica que la comunidad presenta una diversidad estructural vertical de nivel intermedio. El índice relativo de 56.01% confirma que el sitio alcanza poco más de la mitad de su potencial máximo de heterogeneidad vertical, lo que refleja una distribución desigual de las especies entre estratos.

Dominancia marcada del Estrato III. El análisis por estrato revela una concentración abrumadora de individuos y especies en el estrato herbáceo-arbustivo bajo (Estrato III), con 28 de las 33 especies registradas y la gran mayoría de los 4,224 individuos. Las especies más abundantes en este estrato son: el Pasto (*Sporobolus virginicus* – 883 ind.), el Barbasco medicinal (*Tephrosia cinérea* - 657 ind.), la Cabezona (*Gomphrena decumbens* – 468 ind.) y el Zacate cadillo (*Cenchrus echinatus* - 425 ind.), generan por sí solas las contribuciones más negativas al índice (Pij × ln Pij más altos en valor absoluto), lo que refleja su peso dominante en la comunidad. Escasa representación en estratos superiores. El Estrato I cuenta únicamente con una especie el Huizache (*Neltuma juliflora*, 3 individuos) y el Estrato II con siete especies y un total de 83 individuos. Esta pobreza en los estratos arbóreo y arbustivo superior limita considerablemente el potencial del índice, ya que la diversidad vertical máxima requeriría una distribución más equitativa de especies a través de todos los niveles del dosel.

Esta estructura es típica de comunidades costeras o de dunas, donde la complejidad estructural vertical aún no ha alcanzado su expresión madura.

Vertical	Familia	Especie	Nombre común	Individuos	Pij	ln Pij	Pij X ln Pij
Estrato I	Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Huizache	3	0.0007	-7.2499	-0.0051
Estrato II	Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cancerina	12	0.0028	-5.8636	-0.0167
Estrato II	Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Huizache	4	0.0009	-6.9622	-0.0066

Vertical	Familia	Especie	Nombre común	Individuos	Pij	ln Pij	Pij X ln Pij
Estrato II	Cordiaceae	*Varronia curassavica*	Sangre de toro	1	0.0002	-8.3485	-0.0020
Estrato II	Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva	3	0.0007	-7.2499	-0.0051
Estrato II	Convolvulaceae	*Ipomoea pes-caprae*	Riñonina	18	0.0043	-5.4582	-0.0233
Estrato II	Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	19	0.0045	-5.4041	-0.0243
Estrato II	Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá	26	0.0062	-5.0904	-0.0313
Estrato III	Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cancerina	16	0.0038	-5.5759	-0.0211
Estrato III	Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Huizache	2	0.0005	-7.6554	-0.0036
Estrato III	Salicaceae	*Casearia corymbosa*	Cafecito	9	0.0021	-6.1513	-0.0131
Estrato III	Cordiaceae	*Varronia curassavica*	Sangre de toro	41	0.0097	-4.6350	-0.0450
Estrato III	Euphorbiaceae	*Euphorbia hyssopifolia*	Hierba de la golondrina	5	0.0012	-6.7391	-0.0080
Estrato III	Fabaceae	*Vachellia collinsii*	Ixcanal	24	0.0057	-5.1705	-0.0294
Estrato III	Loasaceae	*Mentzelia aspera*	Pegaropa	8	0.0019	-6.2691	-0.0119
Estrato III	Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva	130	0.0308	-3.4810	-0.1071
Estrato III	Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negrito	42	0.0099	-4.6109	-0.0458
Estrato III	Verbenaceae	*Phyla nodiflora*	Bella alfombra	33	0.0078	-4.8520	-0.0379
Estrato III	Amaranthaceae	*Gomphrena decumbens*	Cabezona	468	0.1108	-2.2001	-0.2438
Estrato III	Asteraceae	*Pectis multiflosculosa*	Limoncillo costero	140	0.0331	-3.4069	-0.1129
Estrato III	Convolvulaceae	*Distimake cissoides*	Trompetilla	67	0.0159	-4.1438	-0.0657
Estrato III	Convolvulaceae	*Ipomoea pes-caprae*	Riñonina	8	0.0019	-6.2691	-0.0119
Estrato III	Cyperaceae	*Cyperus polystachyos*	Pata de gallo	17	0.0040	-5.5153	-0.0222
Estrato III	Euphorbiaceae	*Acalypha monostachya*	Hierba del cancer	69	0.0163	-4.1144	-0.0672
Estrato III	Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	241	0.0571	-2.8637	-0.1634
Estrato III	Fabaceae	*Indigofera hirsuta*	Añil velloso	229	0.0542	-2.9148	-0.1580
Estrato III	Fabaceae	*Tephrosia cinerea*	Barbasco medicinal	657	0.1555	-1.8609	-0.2894
Estrato III	Malvaceae	*Herissantia crispa*	Hierba del campo	44	0.0104	-4.5643	-0.0475
Estrato III	Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá	200	0.0473	-3.0502	-0.1444
Estrato III	Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo	425	0.1006	-2.2964	-0.2311
Estrato III	Poaceae	*Jouvea pilosa*	Pasto salado	330	0.0781	-2.5494	-0.1992
Estrato III	Poaceae	*Sporobolus virginicus*	Pasto	883	0.2090	-1.5652	-0.3272
Estrato III	Poaceae	*Uniola pittieri*	Arroz de costa	50	0.0118	-4.4365	-0.0525
Total				**4,224**	**1.0000**	**-159**	**2.5738**
						A	2.5738
						A_{max}	4.5951
						A_{rel}	56.01%

Tabla 12. Índice A de Pretzsch para el Sistema Ambiental.

6.1.2. ÁREA DE CUSTF.

6.1.2.1. COMPOSICIÓN DE LA BIODIVERSIDAD (RIQUEZA, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD).

Para la composición de la biodiversidad, derivado de los muestreos efectuados se obtendrán los valores de riqueza y abundancia, mientras que, para la metodología para el cálculo de la Diversidad de flora, será mediante el Índice de Shannon – Wiener, Índice de Simpson e Índice de Margalef.

Recientemente se ha resaltado la necesidad de incrementar las aproximaciones al nivel de comunidades y paisajes, más que las aproximaciones basadas en las especies, para mantener la mayor parte de la diversidad biológica existente. Bajo una perspectiva de

comunidades, además de conservar a las especies que viven en ellos, se conservan los procesos y los hábitats.

La diversidad al nivel de comunidades puede analizarse, al igual que la diversidad alfa de especies, como la riqueza (número de comunidades distintas presentes en un paisaje) o la estructura (proporción de cada comunidad dentro de un paisaje). Este segundo componente se refiere al grado de heterogeneidad dentro de los paisajes. Para ello, en ecología del paisaje se han desarrollado distintas aproximaciones cuantitativas, la mayoría de ellas basadas en la teoría de la información (Turner y Gardner, 1991).

6.1.2.1.1. RIQUEZA.

La vegetación presente en el Área de CUSTF se encuentra representado por 14 especies distribuidas en 8 familias, donde la familia Fabaceae es la mejor representada con 4 especies.

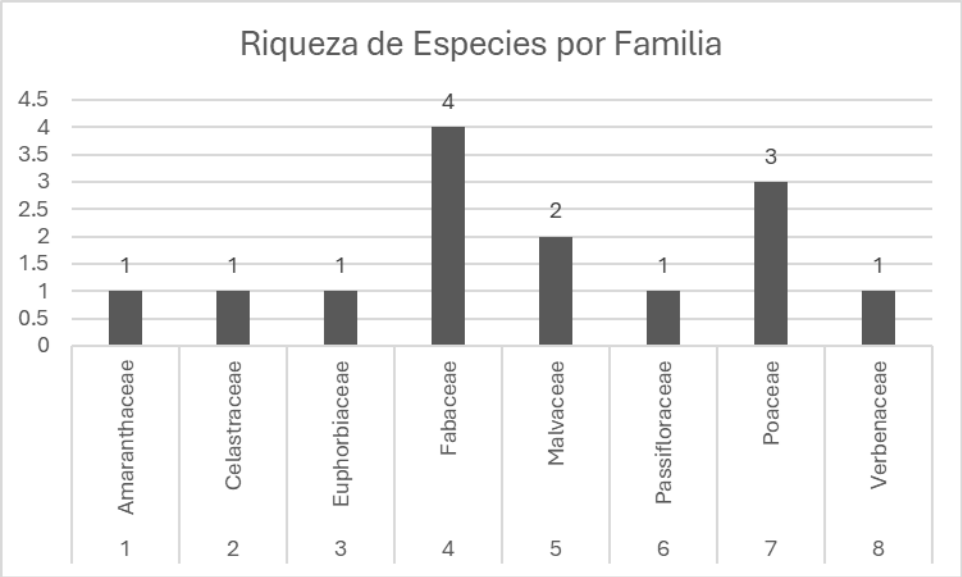


Gráfico 2. Riqueza de especies de flora en el Área de CUSTF.

En la siguiente tabla, se presenta el listado de especies identificadas en el Área de CUSTF:

Estrato	Familia	Especie	Nombre común
Arbóreo	Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cancerina
Arbóreo	Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Huizache
Arbustivo	Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva
Arbustivo	Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negrito
Herbáceo	Amaranthaceae	*Gomphrena decumbens*	Cabezona
Herbáceo	Euphorbiaceae	*Acalypha monostachya*	Hierba del cáncer
Herbáceo	Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa
Herbáceo	Fabaceae	*Indigofera hirsuta*	Añil velloso
Herbáceo	Fabaceae	*Tephrosia cinerea*	Barbasco medicinal

Estrato	Familia	Especie	Nombre común
Herbáceo	Malvaceae	*Herissantia crispa*	Hierba del campo
Herbáceo	Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá
Herbáceo	Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo
Herbáceo	Poaceae	*Jouvea pilosa*	Pasto salado
Herbáceo	Poaceae	*Sporobolus virginicus*	Pasto

Tabla 13. Listado de especies de flora en el Área de CUSTF.

6.1.2.1.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN.

6.1.2.1.2.1. ESTRUCTURA HORIZONTAL.

La estructura de la vegetación se refiere a la distribución de los estratos, tanto en el plano horizontal como en el vertical. La estructura horizontal puede ser determinada por parámetros como la abundancia, densidad, frecuencia y dominancia de las especies, los cuales permiten evaluar la presencia, el tamaño y la distribución de las especies en el Sistema Ambiental.

Abundancia.

La abundancia hace referencia al número de individuos por hectárea y por especie, en relación con el número total de individuos presentes en el Sistema Ambiental. Se distinguen dos tipos:

Abundancia absoluta: Número total de individuos por especie (i).

$$\text{A. Abs} = \sum n_i$$

Abundancia relativa: Proporción que representan los individuos de cada especie (i) respecto al total de individuos del ecosistema (∑N).

$$\text{A. Rel} = \frac{n_i}{\sum N} * 100$$

Densidad.

La densidad es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o de un grupo de plantas dentro de un área determinada. Este indicador expresa cuántos individuos se encuentran en una superficie específica, proporcionando información sobre la concentración y distribución de la vegetación en el sitio. Se distinguen dos tipos:

Densidad absoluta: Número total de individuos por especie (i) respecto a la superficie muestreada (A) expresada en hectáreas.

$$\text{D. Abs} = \frac{n_i}{A}$$

Densidad relativa: Densidad de la especie (n_i) respecto a la suma de las densidades de todas las especies ($\sum n_i$).

$$\text{D. Rel} = \frac{n_i}{\sum n_i} * 100$$

Frecuencia.

La frecuencia permite determinar el número de Transectos en las que aparece una determinada especie, en relación con el total de Transectos. En otras palabras, indica la existencia o ausencia de una especie en cada Transecto de muestreo del Sistema Ambiental. Se distingue como:

Frecuencia absoluta: Número total de Transectos de muestreo donde se encuentra la especie (U_i).

$$\text{F. Abs} = U_i$$

Frecuencia relativa: Proporción respecto de la especie (U_i), respecto a la suma de las densidades de todas las especies ($\sum U_i$).

$$\text{F. Rel} = \frac{U_i}{\sum U_i} * 100$$

Dominancia.

La dominancia se relaciona con el grado de cobertura de las especies, como manifestación del espacio que ocupan dentro de la comunidad vegetal. Tradicionalmente, se determina mediante la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles sobre el suelo. Sin embargo, debido a que la estructura vertical de los bosques naturales tropicales es muy compleja, la medición directa de estas proyecciones resulta difícil o, en ocasiones, imposible. Por esta razón, se utiliza el área basal de los árboles, dado que existe una alta correlación lineal entre el diámetro de la copa y el fuste.

El Área Basal (AB), es una medida utilizada para estimar el volumen y la importancia estructural de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas dentro de un ecosistema. Por definición, corresponde a la superficie de una sección transversal del tallo o tronco de un individuo a una determinada altura sobre el suelo. Como parámetro, se requiere el diámetro (D) tomado a nivel de suelo, o diámetro a la altura del pecho (DAP).

Como el diámetro se registra normalmente en centímetros, debe convertirse a metros dividiendo entre 100 para aplicarlo a la fórmula del área basal:

$$\text{AB} = 0.7584 \left(\frac{D}{100}\right)^2$$

En cuando a la dominancia, se distingue como:

Dominancia absoluta: Se calcula como la sumatoria de las áreas basales de los individuos de una especie (∑Di) dentro del área muestreada, y se expresa en metros cuadrados (m^2).

$$\textbf{D. Abs} = D_i$$

Dominancia relativa: Proporción respecto de la especie (D_i), respecto a la suma de las densidades de todas las especies ($\sum D_i$).

$$\textbf{D. Rel} = \frac{D_i}{\sum D_i} * 100$$

Índice de Valor de Importancia (IVI).

El Índice de Valor de Importancia (IVI), es uno de los indicadores más utilizados para evaluar la relevancia ecológica de las especies dentro de una comunidad vegetal. Este índice se calcula para cada especie mediante la suma de la abundancia relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa.

El IVI permite comparar el peso ecológico de cada especie dentro del bosque, integrando sus atributos cuantitativos y estructurales. Cuando varias especies presentan valores similares de IVI, ello sugiere una equidad o semejanza en la composición, la estructura, la calidad del sitio y la dinámica del ecosistema forestal.

$$\textbf{IVI} = A.Rel + F.Rel + D.Rel$$

En cuanto al Valor de Importancia Relativo (VIR) se obtiene dividiendo el Índice de Valor de Importancia (IVI) entre tres. Este ajuste permite expresar el aporte ecológico de cada especie en una escala relativa de 0 a 100, facilitando la comparación entre especies y la interpretación de su papel dentro de la comunidad vegetal.

$$\textbf{VIR} = \frac{IVI}{3}$$

PARÁMETROS ESTRUCTURALES PARA LA CARACTERIZACIÓN HORIZONTAL.

Enseguida, se presentan los parámetros estructurales para la caracterización horizontal de la vegetación en el Área de CUSTF:

Estrato Arbóreo.

En el estrato arbóreo solo se detectaron dos individuos de dos especies diferentes, por lo que cada una presenta una abundancia de 1 individuo (50.00%), una densidad de 21 individuos/ha (50.00%), una frecuencia relativa de 50.00% y donde difieren es en la

dominancia relativa, donde el Huizache (*Neltuma juliflora*) presenta el valor más alto con 62.50%, mientras que la Cancerina (*Semialarium mexicanum*), presenta el valor más bajo con 37.50%.

Especie	Nombre común	Abu	Abu-Rel	Den	Den-Rel	Fre	Fre-Rel	Dom	Dom-Rel
Semialarium mexicanum	Cancerina	1	50.00%	21	50.00%	0.1250	50.00%	0.3750	37.50%
Neltuma juliflora	Huizache	1	50.00%	21	50.00%	0.1250	50.00%	0.6250	62.50%
Total		**2**	**100%**	**42**	**100%**	**0.2500**	**100%**	**1.0000**	**100%**

Tabla 14. Estructura horizontal del Estrato Arbóeo del Área de CUSTF.

Estrato Arbustivo.

De las especies arbustivas, se registraron 66 individuos de dos especies diferentes, donde la especie más abundante fue la Malva (*Waltheria indica*) con una abundancia de 52 individuos (78.79%). Mientras que la especie menos abundante fue el Cinco negrito (*Lantana camara*) con una abundancia de 14 individuos (21.21%). La Malva (*Waltheria indica*) también fue la especie con la mayor densidad con 1,083 individuos/ha (78.76%), la especie más frecuente con una frecuencia relativa de 58.33%, mientras que presento el valor más bajo de dominancia relativa con 48.00%. Mientras que el Cinco negrito (*Lantana camara*) presento el valor más bajo en densidad con 292 individuos/ha (21.24%), en frecuencia relativa con 41.67% y para la dominancia relativa fue la especie con el valor más alto con 52.00%.

Especie	Nombre común	Abu	Abu-Rel	Den	Den-Rel	Fre	Fre-Rel	Dom	Dom-Rel
Waltheria indica	Malva	52	78.79%	1,083	78.76%	0.8750	58.33%	0.4800	48.00%
Lantana camara	Cinco negrito	14	21.21%	292	21.24%	0.6250	41.67%	0.5200	52.00%
Total		**66**	**100%**	**1375**	**100%**	**1.5000**	**100%**	**1.0000**	**100%**

Tabla 15. Estructura horizontal del Estrato Arbustivo del Área de CUSTF.

Estrato Herbáceo.

Del estrato herbáceo se detectaron en total 1,169 individuos, distribuidos en 10 especies, donde las más abundantes fueron: el zacate cadillo (*Cenchrus echinatus*) con 148 individuos (12.66%), seguido por el Barbasco medicinal (*Tephrosia cinerea*) con 185 individuos (15.83%) y la especie más abundante fue el Pasto (*Sporobolus virginicus*) con 398 individuos (34.05%). La especie menos abundante fue la Hierba del campo (*Herissantia crispa*) con 4 individuos (0.34%). La densidad sigue el mismo patrón, donde las especies más densas son: el zacate cadillo (*Cenchrus echinatus*) con 3,083 individuos/ha (12.66%), seguido por el Barbasco medicinal (*Tephrosia cinerea*) con 3,854 individuos/ha (15.82%) y la especie con el valor más alto fue el Pasto (*Sporobolus virginicus*) con 8,292 individuos/ha (34.05%); nuevamente la Hierba del campo (*Herissantia crispa*) con 83 individuos/ha (0.34%) fue la que presento el valor más bajo, en este caso de la densidad.

En la frecuencia relativa, 3 de las 10 especies comparten el primer lugar, por haberse registrado en todos los transectos efectuados (8), siendo estas: la Cabezona (*Gomphrena*

decumbens), el Barbasco medicinal (*Tephrosia cinerea*) y el Pasto (*Sporobolus virginicus*), cada una con 13.56% de frecuencia relativa. Por su parte la Hierba del campo (*Herissantia crispa*) presento el valor de frecuencia relativa más bajo con 3.39%.

La dominancia relativa, mostro un patrón diferente, en este sentido, las especies con los valores más altos, corresponden al Pasto (*Sporobolus virginicus*) con 11.66% de dominancia relativa, el Añil velloso (*Indigofera hirsuta*) con 21.73% y el primer lugar lo ocupa la Cabezona (*Gomphrena decumbens*) con el 28.37% de dominancia relativa. La Hierba del campo (*Herissantia crispa*) y la Hierba del cáncer (*Acalypha monostachya*) fueron las que presentaron los valores más bajo de dominancia relativa con 0.39% y 0.32% respectivamente.

Especie	Nombre común	Abu	Abu-Rel	Den	Den-Rel	Fre	Fre-Rel	Dom	Dom-Rel
Gomphrena decumbens	Cabezona	109	9.32%	2,271	9.32%	1.0000	13.56%	0.2837	28.37%
Acalypha monostachya	Hierba del cáncer	16	1.37%	333	1.37%	0.3750	5.08%	0.0032	0.32%
Canavalia rosea	Frijol de playa	62	5.30%	1,292	5.31%	0.8750	11.86%	0.0517	5.17%
Indigofera hirsuta	Añil velloso	53	4.53%	1,104	4.53%	0.7500	10.17%	0.2173	21.73%
Tephrosia cinerea	Barbasco medicinal	185	15.83%	3,854	15.82%	1.0000	13.56%	0.0961	9.61%
Herissantia crispa	Hierba del campo	4	0.34%	83	0.34%	0.2500	3.39%	0.0039	0.39%
Passiflora ciliata	Maracuyá	80	6.84%	1,667	6.84%	0.8750	11.86%	0.0628	6.28%
Cenchrus echinatus	Zacate cadillo	148	12.66%	3,083	12.66%	0.8750	11.86%	0.0815	8.15%
Jouvea pilosa	Pasto salado	114	9.75%	2,375	9.75%	0.3750	5.08%	0.0832	8.32%
Sporobolus virginicus	Pasto	398	34.05%	8,292	34.05%	1.0000	13.56%	0.1166	11.66%
Total		**1,169**	**100%**	**24,354**	**100%**	**7.3750**	**100%**	**1.0000**	**100%**

Tabla 16. Estructura horizontal del Estrato herbáceo del Área de CUSTF.

ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA Y VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA

Como se describió anteriormente, el valor del IVI se obtiene a partir de la suma de los valores de densidad relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa; mientras que el VIR se obtiene de dividir el valor del IVI entre 3.

En cuanto al Índice de Valor de Importancia y Valor de Importancia Relativa, este se presenta a continuación:

Estrato Arbóreo.

Una vez obtenido los valores de densidad relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa, se puede obtener el valor del Índice de Valor de Importancia (IVI) y del Valor de Importancia Relativo (VIR), donde la especie con el valor más alto de IVI y VIR fue el Huizache (*Neltuma juliflora*) con un IVI = 162.50% y un VIR = 54.17%; mientras que la Cancerina (*Semialarium mexicanum*) presento el valor más bajo con un IVI = 137.50% y un VIR = 45.83%.

Especie	Nombre común	IVI	VIR
Semialarium mexicanum	Cancerina	137.50%	45.83%
Neltuma juliflora	Huizache	162.50%	54.17%

Especie	Nombre común	IVI	VIR
Total		**300%**	**100%**

Tabla 17. IVI y VIR del Estrato Arbóreo del Área de CUSTF.

Estrato Arbustivo.

En base a los valores antes mencionados, la especie con el valor más alto de IVI y VIR del estrato arbustivo fue la Malva (*Waltheria indica*) con un IVI = 185.10% y un VIR = 61.70%. El valor más bajo fue para el Cinco negrito (*Lantana camara*) con 114.90% de IVI y 38.30% de VIR.

Especie	Nombre común	IVI	VIR
Waltheria indica	Malva	185.10%	61.70%
Lantana camara	Cinco negrito	114.90%	38.30%
Total		**300%**	**100%**

Tabla 18. IVI y VIR del Estrato Arbustivo del Área de CUSTF.

Estrato Herbáceo.

Las especies herbáceas con los valores más altos de IVI y VIR fueron: el Barbasco medicinal (*Tephrosia cinerea*) con un IVI = 39.00% y un VIR = 13.00%, la Cabezona (*Gomphrena decumbens*) con 51.26% de IVI y 17.09% de VIR, la especie con el valor más alto fue el Pasto (*Sporobolus virginicus*) con un IVI = 59.27% y un VIR = 19.76%, estas especies son las que presentan una alta tolerancia a las condiciones del área.

La Hierba del campo (*Herissantia crispa*) presento los valores más bajos con un IVI = 4.12% y un VIR = 1.37%.

Especie	Nombre común	IVI	VIR
Gomphrena decumbens	Cabezona	51.26%	17.09%
Acalypha monostachya	Hierba del cancer	6.77%	2.26%
Canavalia rosea	Frijol de playa	22.34%	7.45%
Indigofera hirsuta	Añil velloso	36.43%	12.14%
Tephrosia cinerea	Barbasco medicinal	39.00%	13.00%
Herissantia crispa	Hierba del campo	4.12%	1.37%
Passiflora ciliata	Maracuyá	24.98%	8.33%
Cenchrus echinatus	Zacate cadillo	32.68%	10.89%
Jouvea pilosa	Pasto salado	23.16%	7.72%
Sporobolus virginicus	Pasto	59.27%	19.76%
Total		**300%**	**100%**

Tabla 19. IVI y VIR del Estrato Herbáceo del Área de CUSTF.

6.1.2.1.2.2. ESTRUCTURA VERTICAL.

La Estructura Vertical se refiere a la estratificación vertical o estratificación de las comunidades forestales en el espacio, que es una característica fundamental de una comunidad vegetal, se refiere a cómo los árboles se distribuyen en diferentes alturas, desde el suelo hasta el dosel (la capa superior de copas de árboles). Los bosques pueden tener

diferentes estratos, que son capas de vegetación definidas por la altura de las plantas (Zhou, 2023).

Para el análisis de la estructura vertical se empleó el índice A de Pretzsch de distribución vertical de especies (Rosalino *et al*, 2022).

$$A = \sum_{i=1}^{S} \sum_{j=1}^{Z} P_{ij} * \ln P_{ij}$$

Donde:

- A: índice A de Pretzsch de distribución vertical de especies
- S: número de especies presentes
- Z: Número de estratos de altura
- Pij: porcentaje de especies (i) en cada sitio (j)

$$P_{ij}: N_{ij}/N$$

donde:

- Nij= número de individuos de la misma especie (i) en la zona (j)
- N = número total de individuos

El índice A es una modificación del índice de Shannon, que se representa en tres estratos, con base en la altura máxima, lo que permite analizar la dinámica de las especies arbóreas a través de las proporciones y dimensiones de estas (Rubio-Camacho et al., 2014). Del índice A se derivan las ecuaciones 3 y 4.

$$A_{mx} = \ln (S*Z)$$

$$A_{rel} = \frac{A}{\ln (S*Z)} * 100$$

Dónde:

- A_{max}: valor máximo de A
- A_{rel}: porcentaje estandarizado del índice A

El resto de las variables se definen a partir de la mayor altura.

Los estratos se establecen con base en el árbol de mayor altura (100%): estrato I (80% - 100%), estrato II (50% - 80%) y estrato III (0% - 50%).

Índice A de Pretzsch

El índice A es una modificación del índice Shannon en que tres estratos son representados de acuerdo a la altura máxima registrada. El **estrato I** comprende las alturas con un rango de 80 a 100%, donde el árbol más alto constituye 100%, y a partir del cual se definen las proporciones de los árboles subsiguientes; el **estrato II** comprende las alturas con 50%-80% de la altura total registrada, y el **estrato III** va de 0 a 50%. Del índice A se derivan el A_{max} y que corresponde al valor máximo de A, dado por el número de especies y zonas de altura; y el A_{rel}, que es la estandarización en porciento del índice A.

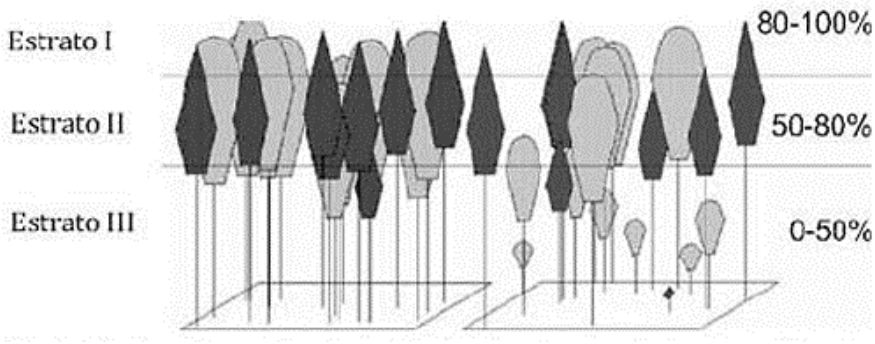


Figura 3. Clasificación para el análisis de la distribución vertical de especies.
Fuente: Pretzch (2009)

Enseguida, se presentan los parámetros estructurales para la caracterización vertical de la vegetación en el Área de CUSTF:

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LOS ESTRATOS.

De acuerdo con los datos registrados en campo, en el **Estrato I** se obtuvo una altura máxima de 1.80 m y una mínima de 1.44 m; en el **Estrato II**, una altura máxima de 1.43 m y mínima de 0.90 m; mientras que en el **Estrato III**, la altura máxima fue de 0.89 m y la mínima de 0.0 m.

Altura Máxima	1.63
Estrato I	1.44 – 1.80
Estrato II	0.90 – 1.43
Estrato III	0.00 - 0.89

Tabla 20. Estratos verticales en el Área de CUSTF.

Vertical	Familia	Especie	Nombre común	Altura Mínima	Altura Máxima
Estrato I	Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cancerina	1.6	1.6
Estrato I	Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Huizache	1.8	1.8
Estrato I	Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva	1.5	1.5
Estrato I	Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negrito	1.5	1.6
Estrato I	Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	1.6	1.6
Estrato I	Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá	1.6	1.63
Estrato II	Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva	1.1	1.2
Estrato II	Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negrito	1.2	1.43
Estrato II	Amaranthaceae	*Gomphrena decumbens*	Cabezona	0.96	1.36
Estrato II	Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	0.96	1.35
Estrato II	Fabaceae	*Indigofera hirsuta*	Añil velloso	1.2	1.2

Vertical	Familia	Especie	Nombre común	Altura Mínima	Altura Máxima
Estrato II	Fabaceae	*Tephrosia cinerea*	Barbasco medicinal	1.2	1.2
Estrato II	Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá	0.99	1.3
Estrato II	Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo	1.2	1.2
Estrato III	Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva	0.15	0.86
Estrato III	Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negrito	0.61	0.61
Estrato III	Amaranthaceae	*Gomphrena decumbens*	Cabezona	0.18	0.85
Estrato III	Euphorbiaceae	*Acalypha monostachya*	Hierba del cancer	0.12	0.16
Estrato III	Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	0.45	0.86
Estrato III	Fabaceae	*Indigofera hirsuta*	Añil velloso	0.32	0.85
Estrato III	Fabaceae	*Tephrosia cinerea*	Barbasco medicinal	0.11	0.75
Estrato III	Malvaceae	*Herissantia crispa*	Hierba del campo	0.18	0.57
Estrato III	Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá	0.16	0.86
Estrato III	Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo	0.15	0.72
Estrato III	Poaceae	*Jouvea pilosa*	Pasto salado	0.14	0.65
Estrato III	Poaceae	*Sporobolus virginicus*	Pasto	0.12	0.6

Tabla 21. Altura mínima y máxima por especies en el Área de CUSTF.

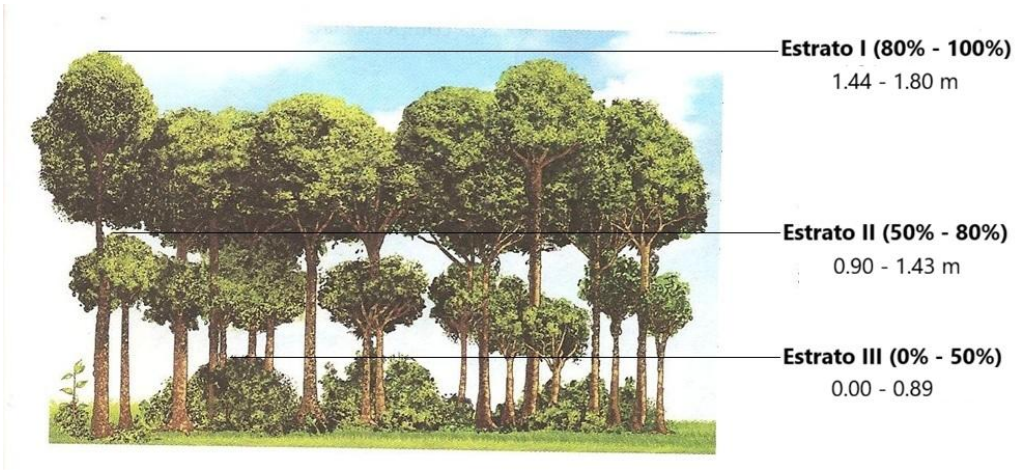


Figura 4. Esquema de estratificación vertical de la flora en el Área de CUSTF.

El valor observado de **A = 2.2758** sobre un máximo teórico de **A_{max} = 4.3567** indica que la comunidad del Área de CUSTF presenta una diversidad estructural vertical de nivel intermedio a bajo. Esto significa que, a pesar de que se reconocen tres estratos, la distribución de individuos entre ellos y entre las especies no es equitativa, lo cual reduce el valor del índice respecto a su nivel máximo.

El Estrato III concentra la mayor cantidad de individuos y de especies. La gran mayoría de los 1,237 individuos registrados se encuentran en el estrato más bajo (Estrato III), con especies como *Sporobolus virginicus* (398 individuos), *Tephrosia cinerea* (173) y *Cenchrus echinatus* (144). Esta concentración en un solo nivel reduce drásticamente la equitatividad entre estratos, que es precisamente lo que el índice demuestra.

El valor de **A_{rel} = 52.24%** es ecológicamente lo esperado para una comunidad de dunas costeras.

Las dunas costeras son sistemas de alta selectividad ambiental, donde el gradiente de estrés (salinidad, viento, sustrato inestable, déficit hídrico) actúa como un filtro que favorece la dominancia de unas pocas especies altamente adaptadas. No se espera una distribución equitativa entre estratos ni entre especies porque el ambiente mismo impide el establecimiento de una gran diversidad de formas de vida.

Además, la dominancia del Pasto (*Sporobolus virginicus*) y del Barbasco medicinal (*Tephrosia cinérea*) es propia de comunidades de Dunas costeras en el Pacífico y Golfo de México, donde estas especies actúan como estabilizadoras del sustrato arenoso. Su alta abundancia no es un síntoma de degradación, sino en muchos casos una condición funcional normal del ecosistema.

Vertical	Familia	Especie	Nombre común	Individuos	Pij	ln Pij	Pij X ln Pij
Estrato I	Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cancerina	1	0.0008	-7.1204	-0.0058
Estrato I	Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Huizache	1	0.0008	-7.1204	-0.0058
Estrato I	Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva	3	0.0024	-6.0218	-0.0146
Estrato I	Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negrito	7	0.0057	-5.1745	-0.0293
Estrato I	Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	7	0.0057	-5.1745	-0.0293
Estrato I	Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá	11	0.0089	-4.7225	-0.0420
Estrato II	Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva	4	0.0032	-5.7342	-0.0185
Estrato II	Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negrito	5	0.0040	-5.5110	-0.0223
Estrato II	Amaranthaceae	*Gomphrena decumbens*	Cabezona	8	0.0065	-5.0410	-0.0326
Estrato II	Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	17	0.0137	-4.2872	-0.0589
Estrato II	Fabaceae	*Indigofera hirsuta*	Añil velloso	2	0.0016	-6.4273	-0.0104
Estrato II	Fabaceae	*Tephrosia cinerea*	Barbasco medicinal	12	0.0097	-4.6355	-0.0450
Estrato II	Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá	10	0.0081	-4.8179	-0.0389
Estrato II	Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo	4	0.0032	-5.7342	-0.0185
Estrato III	Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva	45	0.0364	-3.3138	-0.1205
Estrato III	Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negrito	2	0.0016	-6.4273	-0.0104
Estrato III	Amaranthaceae	*Gomphrena decumbens*	Cabezona	101	0.0816	-2.5053	-0.2046
Estrato III	Euphorbiaceae	*Acalypha monostachya*	Hierba del cancer	16	0.0129	-4.3479	-0.0562
Estrato III	Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	38	0.0307	-3.4829	-0.1070
Estrato III	Fabaceae	*Indigofera hirsuta*	Añil velloso	51	0.0412	-3.1886	-0.1315
Estrato III	Fabaceae	*Tephrosia cinerea*	Barbasco medicinal	173	0.1399	-1.9672	-0.2751
Estrato III	Malvaceae	*Herissantia crispa*	Hierba del campo	4	0.0032	-5.7342	-0.0185
Estrato III	Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá	59	0.0477	-3.0429	-0.1451
Estrato III	Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo	144	0.1164	-2.1506	-0.2504
Estrato III	Poaceae	*Jouvea pilosa*	Pasto salado	114	0.0922	-2.3842	-0.2197
Estrato III	Poaceae	*Sporobolus virginicus*	Pasto	398	0.3217	-1.1340	-0.3649
Total				**1,237**	**1.0000**	**-117.2014**	**2.2758**
						A	2.2758
						A_{max}	4.3567
						A_{rel}	52.24%

Tabla 22. Índice A de Pretzsch para el Área de CUSTF.

6.2. FAUNA.

6.2.1. SISTEMA AMBIENTAL.

6.2.1.1. COMPOSICIÓN DE LA BIODIVERSIDAD (RIQUEZA, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD).

6.2.1.1.1. RIQUEZA DE ESPECIES.

Derivado de los trabajos de campo realizados, se obtuvo una identificación total de 58 especies, de las cuales 1 especie corresponden a Anfibios, 7 especies a Reptiles, 44 a Aves y 6 especies de Mamíferos (Gráfico 3). En cuanto a la riqueza, las 58 especies se encuentras distribuidas en 38 familias (Gráfico 4), donde destacan las familias Columbidae, Icteridae Tyrannidae con un total de 4 especies cada una, todas las familias pertenecen a la clase de las Aves.

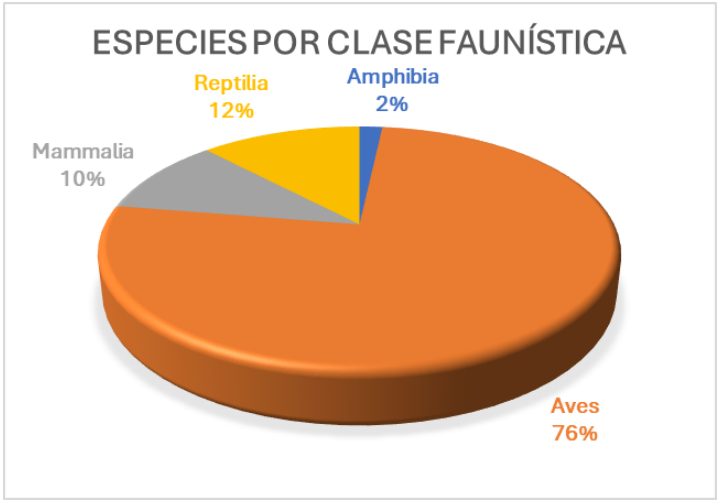


Gráfico 3. Riqueza de especies por Clase Faunística en el Sistema Ambiental.

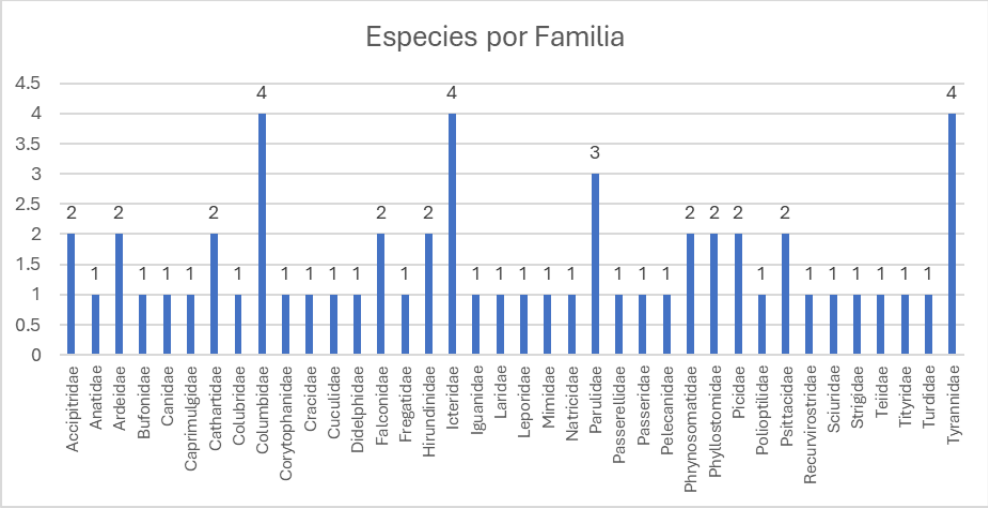


Gráfico 4. Riqueza de especies por Familia Faunística en el Sistema Ambiental.

6.2.1.1.2. ABUNDANCIA Y ABUNDANCIA RELATIVA.

La Abundancia y Abundancia Relativa se obtuvo por Clase Faunística, los resultados son los siguientes:

Clase Anfibios.

De los anfibios solo se registró al Sapo gigante (*Rhinella horribilis*), presentando 2 individuos, correspondiente al 100% de abundancia relativa.

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Abundancia Relativa
Bufonidae	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	2	100.00%
Total			**2**	**100%**

Tabla 23. Abundancia y Abundancia Relativa de la Clase Anfibios presente en el Sistema Ambiental.

Clase Reptiles.

De los reptiles se registraron 31 individuos, de 7 especies diferentes, donde las más abundantes fueron: la Lagartija espinosa de cola larga (*Sceloporus siniferus*) con 5 individuos (6.13%), la Lagartija escamosa variable (*Sceloporus variabilis*) con 7 individuos de abundancia (22.58%), el primer lugar lo comparten, la Iguana negra de cola espinosa (*Ctenosaura similis*) y el Huico siete líneas (*Aspidoscelis deppii*) con 8 registros (25.81%) cada una. Mientras que la menor abundancia fue para: la Culebra corredora de Petatillos (*Drymobius margaritiferus*), el Toloque rayado (*Basiliscus vittatus*) y la Culebra acuática centroamericana (*Thamnophis proximus*) con 1 individuo (3.23%) cada una.

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Abundancia Relativa
Colubridae	*Drymobius margaritiferus*	Culebra corredora de Petatillos	1	3.23%
Corytophanidae	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado	1	3.23%
Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	8	25.81%
Natricidae	*Thamnophis proximus*	Culebra acuática centroamericana	1	3.23%
Phrynosomatidae	*Sceloporus siniferus*	Lagartija espinosa de cola larga	5	16.13%
Phrynosomatidae	*Sceloporus variabilis*	Lagartija escamosa variable	7	22.58%
Teiidae	*Aspidoscelis deppii*	Huico siete líneas	8	25.81%
Total			**31**	**100%**

Tabla 24. Abundancia y Abundancia Relativa de la Clase Reptiles presente en el Sistema Ambiental.

Clase Aves.

Para la clase de las aves, se registraron 428 individuos, de 44 especies diferentes, donde las más abundantes fueron: el Gorrión Doméstico (*Passer domesticus*) y la Fragata Tijereta (*Fregata magnificens*) con 27 individuos (6.31%) cada una, el Garrapatero pijuy (*Crotophaga sulcirostris*) y la Paloma alas blancas (*Zenaida asiatica*) comparten el segundo lugar con 29 individuos de abundancia (6.78%) y el primer lugar lo ocupa el Zanate mexicano (Quiscalus mexicanus) con 42 individuos (9.81%). Mientras que las especie menos abundantes,

presentaron un solo individuo (0.23%), siendo: la Aguililla negra menor (*Buteogallus anthracinus*), el Cernícalo americano (*Falco sparverius*), el Tecolote bajeño (*Glaucidium brasilianum*) y el Cabezón Degollado (*Pachyramphus aglaiae*).

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Abundancia Relativa
Accipitridae	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla negra menor	1	0.23%
Accipitridae	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera	3	0.70%
Anatidae	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije alas blancas	7	1.64%
Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca	3	0.70%
Ardeidae	*Ardea ibis*	Garza ganadera	9	2.10%
Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras Menor	15	3.50%
Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	13	3.04%
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común	4	0.93%
Columbidae	*Columba livia*	Paloma doméstica	2	0.47%
Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	18	4.21%
Columbidae	*Columbina talpacoti*	Tortolita canela	4	0.93%
Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma alas balancas	29	6.78%
Cracidae	*Ortalis leucogastra*	Chachalaca vientre blanco	17	3.97%
Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	29	6.78%
Falconidae	*Caracara plancus*	Quebrantahuesos	2	0.47%
Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	1	0.23%
Fregatidae	*Fregata magnificens*	Fragata Tijereta	27	6.31%
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	11	2.57%
Hirundinidae	*Progne chalybea*	Golondrina Pecho Gris	14	3.27%
Icteridae	*Dives dives*	Tordo cantor	4	0.93%
Icteridae	*Icterus pustulatus*	Calandria Dorso Rayado	3	0.70%
Icteridae	*Icterus spurius*	Calandria Castaña	3	0.70%
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	42	9.81%
Laridae	*Thalasseus maximus*	Charrán real	16	3.74%
Mimidae	*Mimus gilvus*	Centzontle tropical	5	1.17%
Parulidae	*Geothlypis trichas*	Mascarita común	3	0.70%
Parulidae	*Setophaga dominica*	Chipe garganta amarilla	3	0.70%
Parulidae	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo	2	0.47%
Passerellidae	*Peucaea ruficauda*	Zacatonero corona rayada	12	2.80%
Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión Doméstico	27	6.31%
Pelecanidae	*Pelecanus occidentalis*	Pelícano café	22	5.14%
Picidae	*Dryocopus lineatus*	Carpintero lineado	3	0.70%
Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	14	3.27%
Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgris	4	0.93%
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	8	1.87%
Psittacidae	*Brotogeris jugularis*	Periquito Alas Amarillas	6	1.40%
Recurvirostridae	*Himantopus mexicanus*	Monjita Americana	5	1.17%
Strigidae	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	1	0.23%
Tityridae	*Pachyramphus aglaiae*	Cabezón Degollado	1	0.23%
Turdidae	*Turdus grayi*	Mirlo Café	3	0.70%
Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico gueso	6	1.40%
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luisito común	8	1.87%
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común	4	0.93%
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano piriri	14	3.27%
Total			**428**	**100%**

Tabla 25. Abundancia y Abundancia Relativa de la Clase Aves presente en el Sistema Ambiental.

Clase Mamíferos.

Los mamíferos del Sistema Ambiental se encuentran representados por 14 individuos de 6 especies diferentes, donde el Conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*), el Murciélago frugívoro gigante (*Artibeus lituratus*) y el Murciélago (*Uroderma convexum*) presentan la mayor abundancia con 3 individuos (21.43%) cada uno. Mientras que el Zorro gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y la Ardilla vientre rojo (*Sciurus aureogaster*) con 2 individuos (14.29%) y el Tlacuache norteño (*Didelphis virginiana*) con 1 individuo (7.14%) son las especies menos abundantes.

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Abundancia Relativa
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorro gris	2	14.29%
Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache norteño	1	7.14%
Leporidae	*Sylvilagus floridanus*	Conejo serrano	3	21.43%
Phyllostomidae	*Artibeus lituratus*	Murciélago frugívoro gigante	3	21.43%
Phyllostomidae	*Uroderma convexum*	Murciélago	3	21.43%
Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla vientre rojo	2	14.29%
Total			**14**	**100%**

Tabla 26. Abundancia y Abundancia Relativa de la Clase Mamíferos presente en el Sistema Ambiental.

6.2.2. ÁREA DE CUSTF.

6.2.2.1. COMPOSICIÓN DE LA BIODIVERSIDAD (RIQUEZA, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD).

6.2.2.1.1. RIQUEZA DE ESPECIES.

Derivado de los trabajos de campo realizados, se obtuvo una identificación total de 22 especies, de las cuales 4 especies corresponden a Reptiles, 13 a Aves y 5 especies de Mamíferos (Gráfico 5). En cuanto a la riqueza, las 22 especies estás pertenecen a 17 familias (Gráfico 6), donde la familia Tyrannidae es la más representativa con 3 especies.

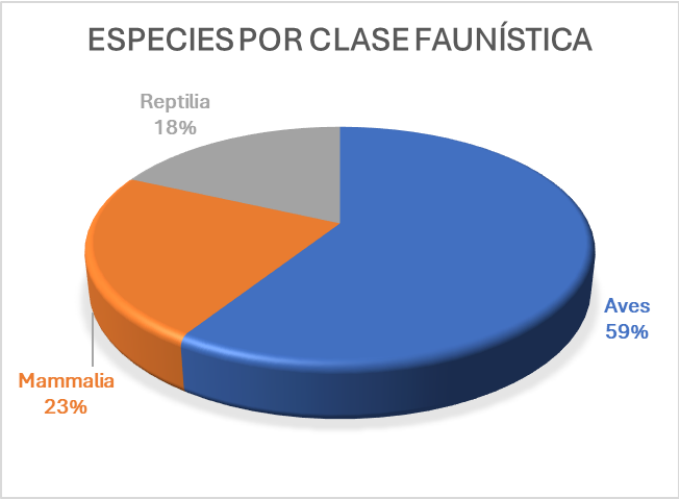


Gráfico 5. Riqueza de especies por Clase Faunística en el Área de CUSTF.

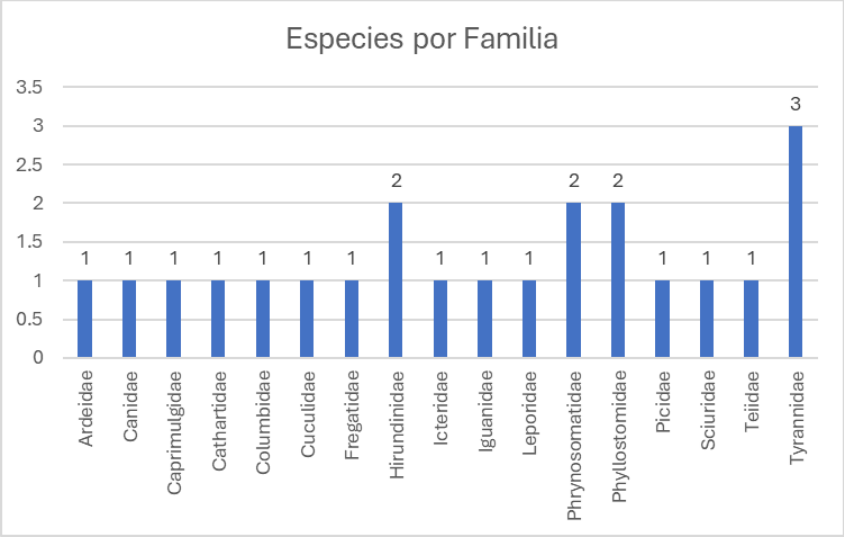


Gráfico 6. Riqueza de especies por Familia Faunística en el Área de CUSTF.

6.2.2.1.2. ABUNDANCIA Y ABUNDANCIA RELATIVA.

Clase Reptiles.

De reptiles se registraron 9 individuos de cuatro especies diferentes, las especies más abundantes fueron: la Lagartija escamosa variable (*Sceloporus variabilis*) con 3 individuos (33.33%) y la Lagartija espinosa de cola larga (*Sceloporus siniferus*) con 4 individuos (44.44%). Mientras que las especies con la menor abundancia, presentaron a un individuo (11.11%) cada una, siendo: la Iguana negra de cola espinosa (*Ctenosaura similis*) y el Huico siete líneas (*Aspidoscelis deppii*).

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Abundancia Relativa
Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	1	11.11%
Phrynosomatidae	*Sceloporus siniferus*	Lagartija espinosa de cola larga	4	44.44%
Phrynosomatidae	*Sceloporus variabilis*	Lagartija escamosa variable	3	33.33%
Teiidae	*Aspidoscelis deppii*	Huico siete líneas	1	11.11%
Total			**9**	**100%**

Tabla 27. Abundancia y Abundancia Relativa de la Clase Reptiles presente en el Área de CUSTF.

Clase Aves.

Para la clase de las aves, se registraron 38 individuos, de 13 especies diferentes, donde las más abundantes fueron: el Luis pico grueso (*Megarynchus pitangua*), la Golondrina tijereta (*Hirundo rustica*) y la Fragata Tijereta (Fregata magnificens) cada una con 3 individuos (7.89%), la Golondrina Pecho Gris (*Progne chalybea*) y la Paloma alas blancas (*Zenaida asiatica*) con 4 individuos (10.53%) cada una; y, la especie con la mayor abundancia fue el Garrapatero pijuy (*Crotophaga sulcirostris*) con 8 individuos (21.05%). Mientras que el Carpintero cheje (*Melanerpes aurifrons*) presento la menor abundancia con 1 individuo (2.63%).

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Abundancia Relativa
Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca	2	5.26%
Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras Menor	2	5.26%
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común	2	5.26%
Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma alas balancas	4	10.53%
Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	8	21.05%
Fregatidae	*Fregata magnificens*	Fragata Tijereta	3	7.89%
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	3	7.89%
Hirundinidae	*Progne chalybea*	Golondrina Pecho Gris	4	10.53%
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	2	5.26%
Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	1	2.63%
Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico gueso	3	7.89%
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luisito común	2	5.26%
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano piriri	2	5.26%
Total			**38**	**100%**

Tabla 28. Abundancia y Abundancia Relativa de la Clase Aves presente en el Área de CUSTF.

Clase Mamíferos.

Los mamíferos del Área de CUSTF se encuentran representados por 7 individuos de 5 especies diferentes, las más abundantes presentan dos individuos (28.57%) cada una, siendo el Murciélago frugívoro gigante (*Artibeus lituratus*) y el Murciélago (*Uroderma convexum*). Por su parte las tres especies restantes, presentan la menor abundancia con 1 individuo (14.29%), las especies son: el Zorro gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el Conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*) y la Ardilla vientre rojo (*Sciurus aureogaster*).

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Abundancia Relativa
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorro gris	1	14.29%
Leporidae	*Sylvilagus floridanus*	Conejo serrano	1	14.29%
Phyllostomidae	*Artibeus lituratus*	Murciélago frugívoro gigante	2	28.57%
Phyllostomidae	*Uroderma convexum*	Murciélago	2	28.57%
Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla vientre rojo	1	14.29%
Total			**7**	**100%**

Tabla 29. Abundancia y Abundancia Relativa de la Clase Mamíferos presente en el Área de CUSTF.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
MODALIDAD B (DTU-B)

“CASA DE PLAYA, UBICADA EN PUERTA ARISTA, MUNICIPIO DE TONALÁ, CHIAPAS”

CAPÍTULO 7. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TASAS DE EROSIÓN DE LOS SUELOS, ASÍ COMO LA CALIDAD, CAPTACIÓN E INFILTRACIÓN DEL AGUA, EN EL ÁREA SOLICITADA RESPECTO A LAS QUE SE TENDRÍAN DESPUÉS DE LA REMOCIÓN DE LA VEGETACIÓN FORESTAL

PROMOVENTE: MANUEL FRANCISCO ANTONIO PARIENTE GAVITO

MAYO, 2026

Contenido

7. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TASAS DE EROSIÓN DE LOS SUELOS, ASÍ COMO LA CALIDAD, CAPTACIÓN E INFILTRACIÓN DEL AGUA, EN EL ÁREA SOLICITADA RESPECTO A LAS QUE SE TENDRÍAN DESPUÉS DE LA REMOCIÓN DE LA VEGETACIÓN FORESTAL 1

7.1. Estado de Conservación del Suelo. 1

7.2. Análisis comparativo de la tasa de erosión actual y en el supuesto de llevar a cabo la remoción de la vegetación forestal 2

7.2.1. Sistema Ambiental 2

7.2.1.1. Erosión Laminar Hídrica 2

6.1.1.2. Erosión Laminar Eólica. 9

6.2.2. Área de CUSTF 9

6.2.2.1. Erosión Laminar Hídrica. 9

6.2.2.1.1. Condiciones Previas al CUSTF. 9

6.2.2.1.2. Condiciones Posteriores al CUSTF. 11

6.2.2.2. Erosión Laminar Eólica. 13

6.2.2.3. Tasa Erosiva del Área propuesta a Cambio de Uso del Suelo. 14

6.2.2.3.1. Tasa Erosiva Actual. 14

6.2.2.3.2. Tasa Erosiva posterior al Cambio de Uso del Suelo. 14

6.3. Análisis Comparativo de la Captación e Infiltración del Agua en las condiciones actuales y en el supuesto de llevar a cabo la remoción de la vegetación forestal. 14

6.3.1. Sistema Ambiental 14

6.3.1.1. Captación de Agua 14

6.3.1.2. Cálculo de la Evapotranspiración. 15

6.3.1.3. Cálculo del Volumen de Escurrimiento. 16

6.3.1.4. Cálculo del Volumen de Infiltración. 18

6.3.1.5. Calidad del Agua 18

6.3.2. Área de CUSTF. 21

6.3.2.1. Captación de Agua. 21

6.3.2.2. Cálculo de la Evapotranspiración. 21

6.3.2.3. Cálculo del Volumen de Escurrimiento. 22

6.3.2.4. Cálculo del Volumen de Infiltración. 23
6.3.2.4.1. Cálculo del Volumen de Infiltración (I) Actual para el Área del Proyecto. 23
6.3.2.4.2. Cálculo del Volumen de Infiltración (I) en el Área del Proyecto posterior al CUSTF. 23
6.3.2.5. Calidad del Agua 25
6.4. Con el Análisis Comparativo determinará el Déficit de la Erosión y la Infiltración por el CUSTF. 26
6.4.1. Programa de Conservación de Suelo y Agua. 26
6.4.1.1. Objetivos. 27
6.4.1.2. Características del Área de Estudio. 27
6.4.1.2.1. Ubicación. 27
6.4.1.2.2. Degradación del Suelo. 28
6.4.1.2.2.1. Erosión Laminar 28
6.4.1.2.3. Déficit de Aguas. 29
6.4.1.3. Reforestación. 29
6.4.1.3.1. Ubicación de la Reforestación. 30
6.4.1.3.2. Características del Área de Reforestación. 31
6.4.1.3.3. Metodología y actividades. 35
6.4.1.3.3.5. Acciones o actividades complementarias 42
6.4.1.3.4. Implementación del Programa. 43
6.4.1.3.5. Conservación de Suelos y Aguas por la Reforestación. 44
6.4.1.3.6. Propuestas de monitoreo y evaluación. 46
6.4.1.3.6.1. Indicadores de control y seguimiento 46
6.4.1.3.7. Acciones preventivas y correctivas 47
6.4.1.3.7. Cronograma de actividades. 47
6.4.1.4. Obras de Conservación de Suelos y Agua. 47
6.4.1.4.1. Captadores de arena. 47
IX.2.4. Mantenimiento 51
6.4.1.5. Medidas de Mitigación 52

6.4.1.6. Datos del Promovente. 54
6.4.1.7. Datos de la persona que elabora el Programa. 55

Lista de Figuras

Figura 1. Erosión Hídrica en el SA. 8
Figura 2. Erosión hídrica actual en el área de CUSTF. 11
Figura 3. Erosión hídrica posterior en el área de CUSTF. 13
Figura 4. Semáforo de calidad del agua. 20
Figura 5. Ubicación del Área de CUSTF. 28
Figura 6. Ubicación del Área de Reforestación. 31
Figura 7. Clima en el Área de Reforestación. 32
Figura 8. Tipo de Suelo en el Área de Reforestación. 32
Figura 9. Uso de Suelo y Vegetación en el Área de Reforestación. 33
Figura 10. Diseño del trazado "tres bolillo" para plantaciones. 40
Figura 11. Sistema de Cepa Común. 41
Figura 12. Colocación de los Captadores de Arena. 50
Figura 13. Dimensiones de los Captadores de Arena. 50
Figura 14. Ejemplos de instalación de barreras de captación de arena a base de estacas de madera. 51

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Tipos de Captadores de Arena. 48

Lista de Tablas

Tabla 1. Cálculo del IMF. 4
Tabla 2. Valores de Factor K por tipo de suelo y textura. 5
Tabla 3. Valores de Factor K en la SA. 5
Tabla 4. Factor LS en el SA. 6
Tabla 5. Valores para Factor C por tipo de Vegetación. 7
Tabla 6. Valores de Factor C en el SA. 7
Tabla 7. Clase de Degradación Potencial presente en el SA. 8
Tabla 8. Clase de degradación potencial hídrica actual en el CUSTF. 10

Tabla 9. Memoria de cálculo de erosión hídrica del Área de CUSTF.....11
Tabla 10. Clase de Degradación en el Área de CUSTF tras la remoción de la vegetación.....12
Tabla 11. Memoria de cálculo de erosión hídrica del Área de CUSTF. 12
Tabla 12. Valores de K en función del tipo de suelo. 17
Tabla 13. Balance Hidrológico presente en el SA.....18
Tabla 14. Características del sitio de muestreo de calidad de agua superficiales de la CONAGUA. 20
Tabla 15. Calidad de agua del punto de muestreo OCFSU3019.....21
Tabla 16. Calidad de agua del punto de muestreo OCFSU3020.....21
Tabla 17. Balance Hidrológico presente en el Área de CUSTF. 23
Tabla 18. Balance Hidrológico en el Área de CUSTF posterior a la remoción de la vegetación. 24
Tabla 19. Calidad de agua del punto de muestreo OCFSU3020.....25
Tabla 20. Balance Hidrológico actual en el Área de CUSTF. 29
Tabla 21. Balance Hidrológico en el Área de CUSTF posterior a la remoción de la vegetación. 29
Tabla 22. Coordenadas del Área de Reforestación. 30
Tabla 23. Ficha técnica de Casearia corymbosa.....36
Tabla 24. Ficha técnica de Vachellia collinsii. 36
Tabla 25. Ficha técnica de Neltuma juliflora. 37
Tabla 26. Comparación en los valores de las Tasas de Erosión por Actividades Compensatorias. 45
Tabla 27. Infiltración en el área de reforestación.....45
Tabla 28. Comparación en los valores de Infiltración por Actividades Compensatorias. 46
Tabla 29. Calendarización del Programa de Reforestación.....47
Tabla 30. Ventajas y Desventajas de los Materiales Naturales para Captadores de Arena. .49
Tabla 31. Resumen de Dimensiones para los Captadores de Arena. 50
Tabla 32. Medidas de Mitigación del Proyecto- Aire.....53
Tabla 33. Medidas de Mitigación del Proyecto - Geomorfología. 53
Tabla 34. Medidas de Mitigación del Proyecto - Suelo. 54
Tabla 35. Medidas de Mitigación del Proyecto - Agua. 54

7. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TASAS DE EROSIÓN DE LOS SUELOS, ASÍ COMO LA CALIDAD, CAPTACIÓN E INFILTRACIÓN DEL AGUA, EN EL ÁREA SOLICITADA RESPECTO A LAS QUE SE TENDRÍAN DESPUÉS DE LA REMOCIÓN DE LA VEGETACIÓN FORESTAL

A fin de resolver lo relativo a las hipótesis normativas que establece el Artículo 93, Párrafo Primero, de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), el cual se refiere a la solicitud presentada para la autorización del Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), el presente estudio se adaptó a lo siguiente:

> *"**Artículo 93.** La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de 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, la capacidad de almacenamiento de carbono, 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."*

De acuerdo con lo anterior, se concluye que para la autorización del CUSTF, se debe demostrar el cumplimiento de las hipótesis establecidas en el Artículo 93.

Para el caso del proyecto, se pretende realizar el CUSTF en una superficie de **2,344.642 m²**. En conformidad con lo anterior, se expone el análisis de las hipótesis referidas a la erosión de suelos y la disminución en la captación del agua, con base en lo siguiente:

7.1. Estado de Conservación del Suelo.

El estado de conservación del suelo en el área donde se pretende establecer el CUSTF es buena, ya que la erosión que presenta es muy ligera, por lo que no se considera propensa a la degradación y pérdida de su capacidad productiva natural. Sin embargo, debido a la amplia distribución de los pastizales y áreas de cultivos, se considera vulnerable ante el actuar antrópico.

La eliminación total o parcial de la cubierta vegetal (ya sea con el propósito de explotar los recursos naturales o de abrir nuevas tierras para uso agrícola o pastoril) es una práctica fundamental en la acción colonizadora del hombre, que no solo afecta a la vegetación, pues deja al descubierto el suelo que es más susceptible al impacto de la lluvia y el viento; también

se aumenta la velocidad de flujo del agua en el suelo y pierde la capacidad de infiltrar el agua; todo esto lleva a una disminución de los servicios que el ambiente brinda.

Actualmente la recuperación de la vegetación original y las condiciones del medio provocado por las actividades antrópicas, ya no se da tan frecuentemente. Lo que ha sido talado o alterado permanece así indefinidamente por diversas razones, dando tal vez lugar al desplazamiento definitivo de la flora y la fauna original que poblaba el lugar. Esto va a depender del grado de deterioro que sufra el suelo y de la cercanía de zonas de comunidades naturales que puedan aportar elementos florísticos y faunísticos colonizadores al área talada cuando ésta deje de ser utilizada por el hombre.

La desaparición de la vegetación arbórea es la que resulta más fácil de apreciar y evaluar como forma de deterioro de las comunidades naturales, ya que el paisaje cambia radicalmente sobre extensas áreas. La fragmentación del hábitat y el consecuente aislamiento de poblaciones es el impacto más significativo, ya que el efecto "barrera" y el efecto de borde afectan la disponibilidad de alimento y el potencial reproductivo de las especies.

El conflicto entre la fauna y los seres humanos presenta una tendencia a incrementarse a medida que ambos grupos compitan por los mismos recursos, cada vez más escasos (Kaeslin, *et al.*, 2013). El efecto de la presencia humana en las poblaciones de fauna es crítico para emprender medidas de manejo adecuadas para su conservación. Los seres humanos pueden afectar la fauna en la medida en que ésta, para evitar el contacto con el hombre, gasta energía potencialmente utilizable en actividades reproductivas o de forrajeo (Primm, 1996).

7.2. Análisis comparativo de la tasa de erosión actual y en el supuesto de llevar a cabo la remoción de la vegetación forestal

7.2.1. Sistema Ambiental

7.2.1.1. Erosión Laminar Hídrica

Se estimó la Erosión del Suelo utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), el cual es un modelo que permite estimar en campo, la erosión actual y potencial de los suelos. Esta ecuación constituye un instrumento de planeación para establecer las prácticas y obras de conservación de suelos para que hagan que la erosión actual sea menor que la tasa máxima permisible de erosión. La tasa máxima permisible de pérdida de suelo es de 10 t/ha; mayores pérdidas significan degradación.

Para determinar la erosión hídrica dentro del área de estudio, se utilizó el modelo basado en la Ecuación Universal de la Perdida de Suelo (por sus siglas en inglés, USLE) propuesta por Wischmeier y Smith (1978); el cual es un modelo empírico que permite determinar el promedio anual de pérdida del suelo expresada como masa por unidad de área por unidad de

tiempo, en función del efecto combinado de cinco factores: Erosividad de la lluvia (*R*), Erodabilidad del suelo (*K*), Longitud-Pendiente (*LS*), cubierta vegetal (*C*), y prácticas de conservación (*P*), para estimar la Pérdida de Suelos Promedio (*A*) por el período de tiempo representado por *R*.

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde:

A = Erosión promedio anual expresada en *ton/ha/año*.

R = Factor de erosividad expresada en *Mj/ha.mm/h*.

K = Factor de erodabilidad del suelo expresada en *ton.h/Mj.mm*.

LS = Factor topográfico longitud-pendiente (adimensional).

C = Factor de vegetación (adimensional).

P = Factor de prácticas de conservación (adimensonal).

- **Factor de erosividad (*R*)**

La erosividad de la lluvia es la capacidad potencial que tienen las gotas de precipitación para causar erosión del suelo. Para determinar este factor, comúnmente se utilizan datos de precipitación derivados de la intensidad máxima de lluvia registrada durante 30 minutos consecutivos, con el fin de estimar la energía cinética asociada a los eventos de lluvia.

Sin embargo, debido a la limitada disponibilidad de datos pluviométricos detallados en muchas regiones del mundo, se han desarrollado diversos modelos alternativos que permiten calcular el factor de erosividad (R) a partir de la cantidad total de precipitación, en lugar de su intensidad.

Este tipo de modelos resultan ideales y altamente recomendables para regiones con información limitada, donde no se cuenta con registros de intensidad, pero sí con datos mensuales y anuales de precipitación.

Entre los modelos para estimar el Factor R, se encuentra el propuesto por Arnoldus (1980), la cual se expresa como:

$$\boldsymbol{R} = (4.17 * IMF) - 152$$

Donde:

R es el Factor de Erosividad de la lluvia (Mj/ha.mm/h);

IMF es el Índice Modificado de Fournier.

El Índice Modificado de Fournier (IMF), un parámetro ampliamente utilizado que ha demostrado tener una correlación lineal con el potencial erosivo de la lluvia (Gakunde *et al*.

2025). Este índice se determina a partir de la relación entre la precipitación mensual y la precipitación anual, como se muestra a continuación:

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{Pi^2}{P}$$

Donde:

Pi es la precipitación del mes *i* (mm);

P la precipitación promedio anual (mm).

En el presente estudio, para obtener el valor de R, se utilizaron los datos correspondientes a la Precipitación Promedio Anual *(P)* de las estaciones hidrometeorológicas dentro o cercanas al área de estudio, que este caso, corresponden a tres, Boca del Cerro (27004), Salto de Agua (7141) y Guaquitepec (7071), que reportan datos actualizados a 2020.

De acuerdo con lo reportado por las estaciones, se obtuvo la precipitación promedio anual y mensual, con lo cual se calculó el IMF, como se presenta a continuación:

Índice Modificado de Fournier													
Estación	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abril**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Total**
27004	0.000	0.001	0.124	1.157	25.311	65.580	52.041	68.785	105.831	32.642	0.486	0.052	352.010
7141	0.000	0.000	0.013	0.127	7.578	40.730	30.689	46.283	40.769	11.184	0.219	0.015	177.607
7071	0.001	0.001	0.005	0.541	10.460	47.727	50.625	59.459	58.306	10.634	0.196	0.008	237.963
Promedio													**255.860**

Tabla 1. Cálculo del IMF.

De acuerdo con lo anterior, se obtuvo un valor promedio del IMF de **255.860**, el cual, al sustituirlo en la fórmula, se obtiene lo siguiente:

$$\boldsymbol{R} = (4.17 * 255.860) - 152 = \boldsymbol{914.936\ Mj/ha.mm/h}$$

De acuerdo con lo anterior, en el SA el valor del Factor R es de **914.936 Mj/ha.mm/h.**

Nota: *Los cálculos de la ecuación anterior se realizaron en una memoria de cálculo (en formato Excel), misma que se adjunta en una USB al presente documento.*

- **Factor de erodabilidad (K)**

Representa el efecto de las propiedades del suelo y su horizonte ante la pérdida del suelo. Para determinar este factor, se extrajeron los tipos de suelo en el área del SA con base al conjunto de datos vectoriales de Edafología Serie II del INEGI (2014) para posteriormente asignar el coeficiente respectivo, de acuerdo al tipo de suelo y textura, conforme a lo propuesto por Montes-León *et al.* (2011), los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Clave de Suelo	Textura		
	Gruesa	Media	Fina
AC	0.026	0.04	0.013
AL	0.026	0.04	0.013
AN	0.026	0.04	0.013
AR	0.013	0.02	0.007
CH	0.013	0.02	0.007
CL	0.053	0.079	0.026
CM	0.026	0.04	0.013
DU	0.053	0.079	0.026
FL	0.026	0.04	0.013
FR	0.013	0.02	0.007
GL	0.026	0.04	0.013
GY	0.053	0.079	0.026
HS	0.053	0.02	0.007
KS	0.026	0.04	0.013
LP	0.013	0.02	0.007
LV	0.026	0.04	0.013
LX	0.013	0.02	0.007
NT	0.013	0.02	0.007
PH	0.013	0.02	0.007
PL	0.053	0.079	0.026
PT	0.026	0.04	0.013
RG	0.026	0.04	0.013
SC	0.026	0.04	0.013
SN	0.053	0.079	0.026
UM	0.026	0.04	0.013
VR	0.053	0.079	0.026

Tabla 2. Valores de Factor K por tipo de suelo y textura.

El valor del Factor K se obtuvo con el tipo de suelo primario; por lo tanto, de acuerdo con los valores de la tabla anterior, al encontrarse el SA dentro de diversos tipos de suelo y texturas, por lo que el Factor K quedó de la siguiente forma:

Clave	Tipo de Suelo	Textura	Factor K
AR	Arenosol	Gruesa	0.013
GL	Gleysol	Media	0.040
SC	Solonchak	Media	0.040
N/A	Cuerpo de agua	N/A	0.000

Tabla 3. Valores de Factor K en la SA.

- **Factor longitud-pendiente (LS)**

La longitud (*L*) y grado de la pendiente (*S*) son factores topográficos que afectan de manera directa el proceso de erosión del suelo. Para obtener este factor, se empleó el Continuo de Elevación de INEGI (2013) de resolución de 15 m acotado a la superficie del área de estudio, que, en este caso, corresponde a la SA. De esta forma, se derivan parámetros para la obtención del grado de la pendiente en radianes, así como la acumulación de flujo. Para llevar

a cabo el cálculo de este factor, se emplearon las fórmulas propuestas por Griffin *et al.* (1988) y Moore y Wilson (1992), para los factores L y S, respectivamente:

$$LS = (0.4 + 1) * (A * S/22.13)^{0.4} * (sinB/0.0896)^{1.3}$$

De acuerdo con las fórmulas anteriores, es necesario obtener la Acumulación de Flujo (A) y la Pendiente expresada en Radianes (B), lo cual se adquiere de a partir de un Modelo Digital de Elevación (MDE). En el presente estudio, se obtuvo el MDE utilizando como insumo la capa ráster del Continuo de Elevaciones Mexicano del INEGI (2013), a una resolución espacial de 15 m (pixel).

Como primer paso, se realizó el pre-procesamiento del ráster, realizando el recorte del MDE al área de estudio y posteriormente, con la herramienta Fill (Relleno) de la librería GDAL dentro del software QGIS, se eliminaron las pequeñas depresiones o sumideros en el MDE, ya que estas pueden ocasionar errores en los análisis hidrológicos y de acumulación de flujo.

Una vez obtenidos los insumos necesarios, utilizando la calculadora ráster, se realizó el cálculo para la obtención de los parámetros L y S, los cuales posteriormente fueron multiplicados para obtener el Factor LS, que dio como resultado una capa ráster que representa la variabilidad espacial del factor LS en unidades continuas.

Considerando que el resultado es en formato ráster, para poder generar la memoria de cálculo en formato vectorial, se extrajeron las estadísticas zonales de LS, utilizando como zonas de referencia, una capa de intersección con los valores de los factores K, C y R. Como resultado, se obtuvo se obtuvo el **valor promedio del factor LS** dentro de cada polígono. Esta integración permitió disponer de un marco de datos estructurado y georreferenciado para el cálculo de la pérdida de suelo potencial.

En la siguiente tabla, se presentan los valores obtenidos para el Factor LS dentro del SA:

Valores de Factor LS				
0.00000030	0.02951305	0.43483527	1.16390519	2.33729098
0.00000033	0.09569276	0.43831676	1.18377282	2.50010931
0.00000045	0.14310531	0.57208455	1.35604974	2.55134146
0.00000104	0.21229872	0.62974145	1.58946678	3.12179718
0.00000107	0.23047625	0.66466679	1.62910789	3.78274269
0.00000146	0.24115579	0.78893588	1.70165809	3.87128638
0.00000473	0.27317277	0.88011251	1.97344805	4.15297799
0.00000604	0.29390754	0.96088265	2.10465483	5.00871253
0.00000665	0.30129360	1.10612465	2.19129851	6.16457765
0.00002764	0.40911832	1.11960360	2.29772661	7.70334076
0.01948026	0.42689341	1.13002135	2.30202880	

Tabla 4. Factor LS en el SA.

- **Factor de vegetación (C).**

La cobertura vegetal permite controlar la erosión, interceptando la precipitación, incrementando la filtración y reduciendo la capacidad de la lluvia para erodar el suelo. Para determinar este factor, se utilizaron los valores del Factor C propuestos por Woznicki *et al.* (2020), los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Clase	Factor C
Cuerpos de Agua	0.00
Áreas Urbanizadas	0.030
Suelos desnudos	0.290
Bosques y Selvas	0.002
Arbustos/Matorrales	0.040
Pastizales/herbáceas	0.010
Tierras de cultivo/agrícolas	0.170
Humedales con vegetación leñosa	0.001
Humedales herbáceos emergentes	0.001

Tabla 5. Valores para Factor C por tipo de Vegetación.

De acuerdo con los usos de suelo y tipos de vegetación presentes en el SA, el Factor C resultó de la siguiente forma:

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Factor C
ADV	Desprovisto De Vegetación	0.290
AH	Asentamientos Humanos	0.030
DV	Sin vegetación aparente	0.290
H_2O	Cuerpo De Agua	0.00
PC	Pastizal Cultivado	0.010
VSa/VM	Vegetación Secundaria Arbustiva de Manglar	0.001
VSA/VM	Vegetación Secundaria Arbórea de Manglar	0.001

Tabla 6. Valores de Factor C en el SA.

- **Factor de prácticas de conservación (P)**

Se refiere las medidas de protección del suelo mediante prácticas de manejo. Para este caso, no se encontró información con respecto a las prácticas de manejo del suelo dentro del SA, por lo que se asignó el valor de 1, el cual indica que no se llevan a cabo prácticas de conservación dentro de la zona.

EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL

Una vez obtenido cada valor, se procedió a realizar el cálculo de la Erosión Hídrica Potencial, para lo que utilizamos la siguiente ecuación:

$$EH_{POT} = R\ x\ K\ x\ LS\ x\ Cx\ P$$

La **Erosión Potencial** se define como el pronóstico de pérdida de material en un suelo como consecuencia de la influencia del relieve, la erodibilidad de los suelos y la erosividad de las

lluvias, se expresa en Ton/Ha/Año. Se realizó la verificación respecto al cálculo de la Erosión Hídrica Potencial, obteniendo que, para el sitio de estudio, la erosión hídrica potencial (EH_{POT}) se distribuye de la siguiente manera.

Clase de Degradación	Valor de la Erosión Hídrica	Superficie (Ha)	Porcentaje
Ligera	Menor de 12 ton/año	3,526.526	79.87%
Moderada	De 12 a 50 ton/año	157.918	3.58%
Alta	De 50 a 200 ton/año	97.895	2.22%
Muy Alta	Mayor de 200 ton/año	0.0000	0.000%
Sin información	----------	632.758	14.33%
Total		4,415.097	100.000%

Tabla 7. Clase de Degradación Potencial presente en el SA.

Como se observa en la Tabla 7, el **79.87**% del SA se presenta Erosión Ligera es decir menor a 12 Ton/Ha/Año; el **3.58**% es Erosión Moderada (De 12 a 50 Ton/Ha/Año) y el 2.22% es Alta (De 50 a 100 Ton/Ha/Año).

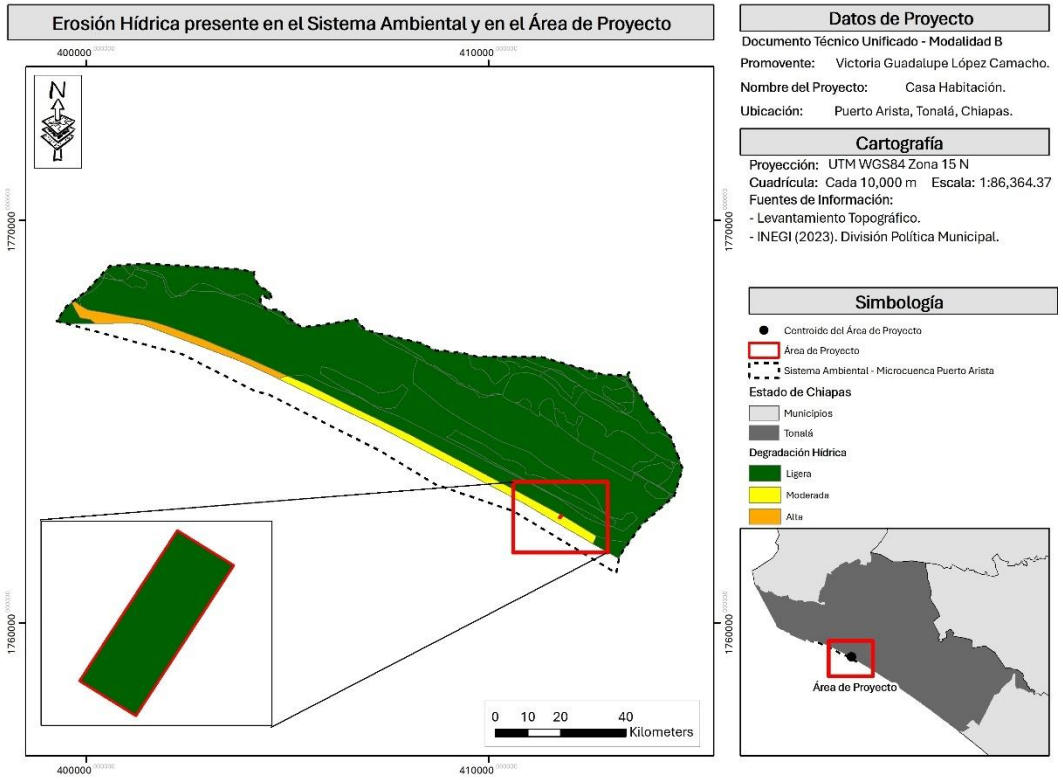


Figura 1. Erosión Hídrica en el SA.

- **EROSIÓN ACTUAL REAL**

La Erosión Real se define como aquella que se presenta en una superficie delimitada, se expresa en Ton/Año.

Si se desea conocer la Erosión Hídrica Real del área, se debe multiplicar el valor de la EH_{POT} por la superficie de cada polígono, el resultado refleja la Erosión Hídrica Actual presente, lo

anterior es conocido también como Erosión Hídrica Real Actual (EH_{REAL}), pues se puede inferir que es lo que se erosiona en el área al año. Esto se realizó en la superficie del área del SA; obteniendo la corrección, donde la Erosión Hídrica Real Actual es de 9,621.997 Ton/Año.

Nota: *La memoria de cálculo (en formato Excel) de la Erosión Hídrica para el SA, se adjunta de forma digital en una USB al presente documento.*

6.1.1.2. Erosión Laminar Eólica.

Para determinar si una zona o región es propensa a la degradación eólica, con base en el PECRE es posible estimar el parámetro IAVE. Si el valor de este es mayor a 20 el área se considera como zona de influencia para el estudio de la erosión eólica (Cano *et al.* 2007; Pérez, 2020). El valor de IAVE se determina con base en la expresión siguiente:

$$IAVIE = 160.5282 - 0.7660\,(PECRE)$$

El PECRE se calcula de la siguiente manera:

$$PECRE = 0.2408 * (PREC) - 0.0000372 * (PREC)^2 - 33.1019.$$

Sustituyendo los datos obtenidos para el SA, tenemos lo siguiente:

$$PECRE = 0.2408 * (1{,}548.20) - 0.0000372 * (1{,}548.20)^2 - 33.1019 =$$
$$\boldsymbol{PECRE = 250.54}$$

$$IAVIE = 160.5282 - 0.7660\,(250.54) = \boldsymbol{-31.38}$$
$$\boldsymbol{IAVIE = -31.38}$$

Derivado de lo anterior, al obtenerse un valor de IAVIE de -31.38, por lo que se determina que el área del SA, **NO** es propensa a la degradación eólica, al situarse por debajo del umbral (IAVIE > 20).

6.2.2. Área de CUSTF

6.2.2.1. Erosión Laminar Hídrica.

6.2.2.1.1. Condiciones Previas al CUSTF.

Al igual que con el SA, se estimó la Erosión del Suelo utilizando el modelo basado en la Ecuación Universal de la Perdida de Suelo propuesta por Wischmeier y Smith (1978).

- **Factor de erosividad (*R*)**

Para el área del proyecto, el valor del Factor R es de **914.936 Mj/ha.mm/h.**

Nota: *Los cálculos de la ecuación anterior se realizaron en una memoria de cálculo (en formato Excel), misma que se adjunta en una USB al presente documento.*

- **Factor de erodabilidad (K)**

El valor del Factor K se obtuvo con el tipo de suelo primario; por lo que para el área de CUSTF el Factor K quedó utilizado fue de 0.013, correspondiente al suelo Arenosol de textura gruesa.

- **Factor longitud-pendiente (LS)**

El Factor LS dentro del área de CUSTF corresponde a 1.9186.

- **Factor de vegetación (C).**

De acuerdo con el tipo de vegetación presente en el área de CUSTF, es decir para Vegetación de Dunas Costeras, el Factor C asignado fue de **0.080**, propuesto por Flores (2016).

- **Factor de prácticas de conservación (P)**

Se refiere las medidas de protección del suelo mediante prácticas de manejo. Para este caso, no se encontró información con respecto a las prácticas de manejo del suelo dentro del SA, por lo que se asignó el valor de 1, el cual indica que no se llevan a cabo prácticas de conservación dentro de la zona.

EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL

Una vez obtenido cada valor, se procedió a realizar el cálculo de la Erosión Hídrica Potencial, para lo que utilizamos la siguiente ecuación:

$$EH_{POT} = R\ x\ K\ x\ LS\ x\ Cx\ P$$

La **Erosión Potencial** se define como el pronóstico de pérdida de material en un suelo como consecuencia de la influencia del relieve, la erodibilidad de los suelos y la erosividad de las lluvias, se expresa en Ton/Ha/Año.

Se realizó la verificación respecto al cálculo de la Erosión Hídrica Potencial, obteniendo que, el área del proyecto, es decir, el área de CUSTF, presenta la erosión hídrica potencial (EH_{POT}) de carácter Ligero, bajo el rango de menor a 12 ton/año:

Clase de Degradación	Valor de la Erosión Hídrica	Superficie (Ha)	Porcentaje
Ligera	Menor de 12 ton/año	0.2501	100.00
Moderada	De 12 a 50 ton/año	0.0000	0.00
Alta	De 50 a 200 ton/año	0.0000	0.00
Muy Alta	Mayor de 200 ton/año	0.0000	0.00
Sin información	----------	0.0000	0.00
TOTAL		**0.2501**	**100.00**

Tabla 8. Clase de degradación potencial hídrica actual en el CUSTF.

Como se observa en la Tabla anterior, el 100.00% presenta una Erosión Ligera (menor de 12 Ton/Ha/Año), como se ilustra en la Figura 2.

EROSIÓN ACTUAL REAL

La Erosión Real se define como aquella que se presenta en una superficie delimitada, se expresa en Ton/Año.

Si se desea conocer la Erosión Hídrica Real del área, se debe multiplicar el valor de la EH_{POT} por la superficie de cada polígono, el resultado refleja la Erosión Hídrica Actual presente, lo anterior es conocido también como Erosión Hídrica Real Actual (EH_{REAL}), pues se puede inferir que es lo que se erosiona en el área al año. Esto se realizó en la superficie del Área de CUSTF; obteniendo la corrección, donde la Erosión Hídrica Real Actual es de **0.4566 Ton/Año**.

Tipo de Suelo	Textura	USV	Factor				Erosión Potencial (Ton/Ha/Año)	Tipo de Erosión Potencial	Superficie (Ha)	Erosión Real (Ton/Año)
			R	K	LS	C				
Arenosol	Gruesa	Dunas costeras	914.936	0.013	1.9186	0.080	1.8256	Ligera	0.2501	0.4566

Tabla 9. Memoria de cálculo de erosión hídrica del Área de CUSTF.

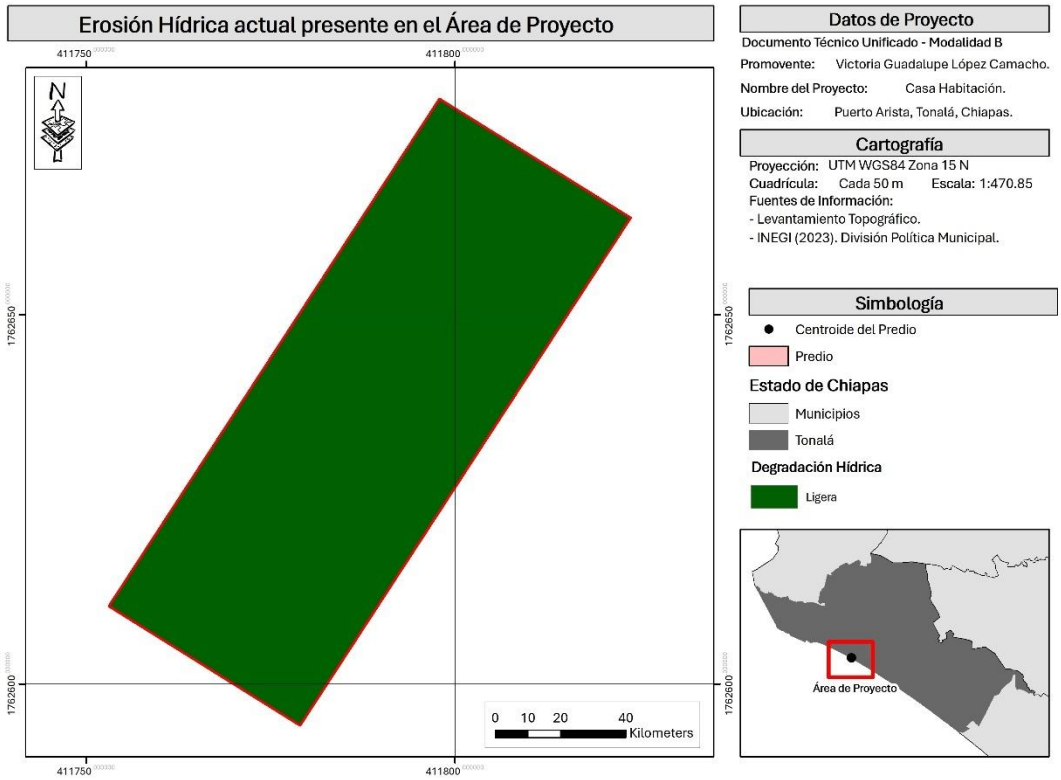


Figura 2. Erosión hídrica actual en el área de CUSTF.

6.2.2.1.2. Condiciones Posteriores al CUSTF.

Para realizar la estimación de la Erosión Hídrica tomando en cuenta que el Cambio de Uso de Suelo fue realizado, el Factor C cambio a 0.29, debido a la remoción de la vegetación, los valores de los Factores R, K y LS son los mismos, puesto que estos no pueden ser modificados por el cambio de uso de suelo:

$$EH_{POT} = R\ x\ K\ x\ LS\ x\ C\ x\ P$$

De acuerdo con la metodología descrita anteriormente, los valores para los factores obtenidos se presentan enseguida:

- **Factor R =** 914.936 Mj/Ha mm/hr.
- **Factor K =** 0.013.
- **Factor LS =** 1.9186
- **Factor C =** 0.29

EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL

Una vez obtenido cada valor, se procedió a realizar el cálculo de la Erosión Hídrica Potencial, para lo que utilizamos la ecuación siguiente:

$$EH_{POT} = R\ x\ K\ x\ LS\ x\ C\ x\ P$$

Se realizó la verificación respecto al cálculo de la Erosión Hídrica Potencial, obteniendo que, para el área del proyecto, la erosión hídrica potencial (EH_{POT}) es de clase Ligera, que se distribuye de la siguiente manera:

Clase de Degradación	Valor de la Erosión Hídrica	Superficie (Ha)	Porcentaje
Ligera	Menor de 12 ton/año	0.2501	100.00
Moderada	De 12 a 50 ton/año	0.0000	0.00
Alta	De 50 a 200 ton/año	0.0000	0.00
Muy Alta	Mayor de 200 ton/año	0.0000	0.00
Sin información	----------	0.0000	0.00
TOTAL		**0.2501**	**100.00**

Tabla 10. Clase de Degradación en el Área de CUSTF tras la remoción de la vegetación.

EROSIÓN HÍDRICA REAL

Si deseamos conocer la Erosión Hídrica Actual que existirá después de la ejecución del CUSTF, se debe multiplicar el valor de la EH_{POT} por la propuesta, para así obtener la Erosión Hídrica Real (EH_{REAL}). Esto se realizó en el área de estudio; obteniendo que el total de EH_{REAL} posterior al CUSTF sería de **1.6551 Ton/Año.**

Con lo anterior, se establece un incremento en la Tasa Erosiva actual, de **0.4566 Ton/Año** a **1.6551 Ton/Año**, notándose un aumento de **1.1985 Ton/Año**; por lo que deberán de implementarse las medidas necesarias para su mitigación y/o compensación.

Tipo de Suelo	Textura	USV	Factor				Erosión Potencial (Ton/Ha/Año)	Tipo de Erosión Potencial	Superficie (Ha)	Erosión Real (Ton/Año)
			R	K	LS	C				
Arenosol	Gruesa	Dunas costeras	914.936	0.013	1.9186	0.290	6.6177	Ligera	0.2501	1.6551

Tabla 11. Memoria de cálculo de erosión hídrica del Área de CUSTF.

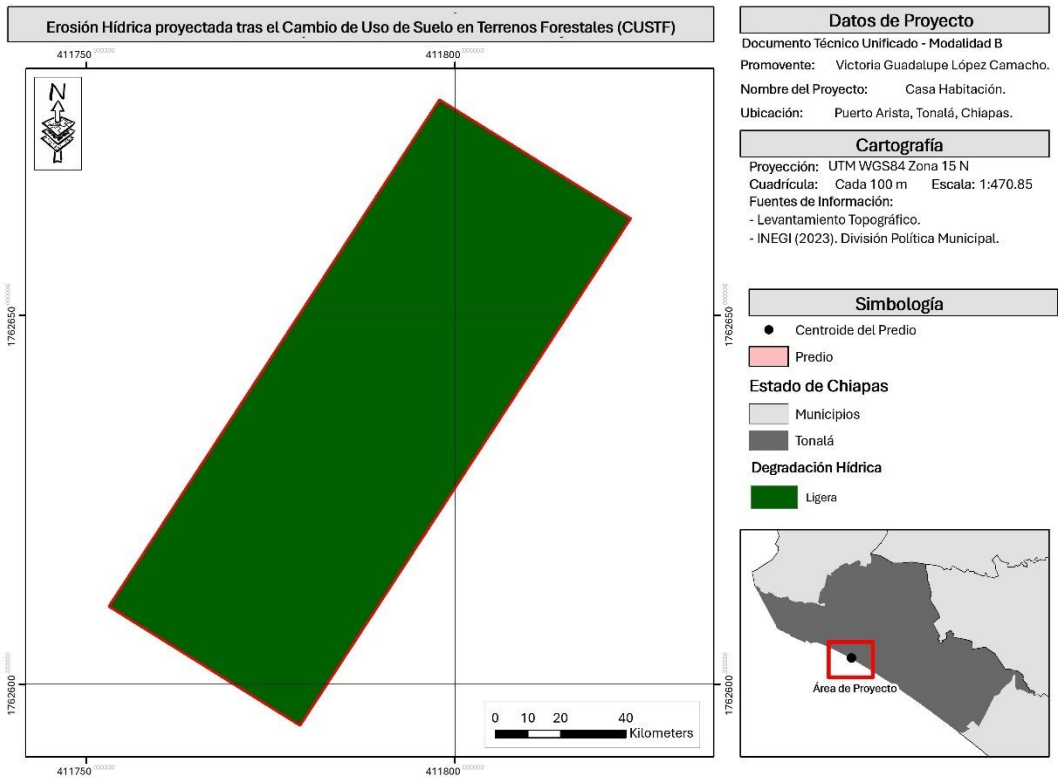


Figura 3. Erosión hídrica posterior en el área de CUSTF.

6.2.2.2. Erosión Laminar Eólica.

Para determinar si una zona o región es propensa a la degradación eólica, con base en el PECRE es posible estimar el parámetro IAVE. Si el valor de este es mayor a 20 el área se considera como zona de influencia para el estudio de la erosión eólica (Cano *et al.* 2007; Pérez, 2020). El valor de IAVE se determina con base en la expresión siguiente:

$$IAVIE = 160.5282 - 0.7660\ (PECRE)$$

El PECRE se calcula de la siguiente manera:

$$PECRE = 0.2408 * (PREC) - 0.0000372 * (PREC)^2 - 33.1019.$$

Sustituyendo los datos obtenidos para la el área de CUSTF, tenemos lo siguiente:

$$PECRE = 0.2408 * (1{,}548.20) - 0.0000372 * (1{,}548.20)^2 - 33.1019 =$$

$$\boldsymbol{PECRE = 250.54}$$

$$IAVIE = 160.5282 - 0.7660\ (250.54) = \boldsymbol{-31.38}$$

$$\boldsymbol{IAVIE = -31.38}$$

Derivado de lo anterior, al obtenerse un valor de IAVIE de -31.38 se determina que el área de CUSTF **NO** es propensa a la degradación eólica, al situarse por debajo del umbral (IAVIE > 20).

6.2.2.3. Tasa Erosiva del Área propuesta a Cambio de Uso del Suelo.

Derivado de los cálculos efectuados en el apartado anterior, la erosión presente en el área de CUSTF corresponde a la Erosión Hídrica, puesto que, con respecto a la Erosión Eólica, el sitio de CUSTF no es propenso a esta.

6.2.2.3.1. Tasa Erosiva Actual.

En el Área de CUSTF la tasa erosiva actual es de **0.4566 Ton/Año** y corresponde a la Erosión Hídrica.

6.2.2.3.2. Tasa Erosiva posterior al Cambio de Uso del Suelo.

Posterior al Cambio de Uso de Suelo, el sitio de Proyecto, presentara una tasa erosiva de **1.6551 Ton/Año**.

Con lo anterior, se establece un incremento en la Tasa Erosiva actual, es decir, de **0. 4566 Ton/Año** a **1. 6551 Ton/Año**, notándose un aumento de **1.1985 Ton/Año**; por lo que deberán de implementarse las medidas necesarias para su mitigación y/o compensación.

6.3. Análisis Comparativo de la Captación e Infiltración del Agua en las condiciones actuales y en el supuesto de llevar a cabo la remoción de la vegetación forestal.

La infiltración es el proceso por el cual el agua penetra en el suelo, a través de la superficie de la tierra, y queda retenida por ella o alcanza un nivel acuífero incrementando el volumen acumulado anteriormente.

Superada por la capacidad de campo del suelo, el agua desciende por la acción conjunta de las fuerzas capilares y de la gravedad. Esta parte del proceso recibe distintas denominaciones: percolación, infiltración eficaz, infiltración profunda, etc.

La representación del proceso de infiltración queda ejemplificada en el modelo siguiente:

$$\textit{INFILTRACIÓN} = P - ETR - Ve$$

Donde:

P = Precipitación

ETR= Evapotranspiración

Ve= Volumen de escurrimiento

6.3.1. Sistema Ambiental

6.3.1.1. Captación de Agua

Se obtuvo el dato promedio de las Estaciones Meteorológicas Pijijiapan (7129), Chahuites (20328) y Revolución Mexicana (7236).

En este sentido, el promedio de precipitación anual en el Sistema Ambiental es de **1,548.20 mm, este valor se convierte a metros (1.5482 m) y se multiplica por la superficie del SA convertida a metros cuadrados (44,150,970.00 m²).**

En total toda la superficie del Sistema Ambiental recibe anualmente **68,354,531.754 m³** de agua de lluvia.

6.3.1.2. Cálculo de la Evapotranspiración.

Es la cantidad de agua que retorna a la atmósfera, tanto por la transpiración de la vegetación como por la evaporación del suelo en metros. Esta se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$ETR = 16\ X\ \left(10\frac{T}{I}\right)^{a}$$

Donde:

T= Temperatura media mensual (°C).

ETR= Evapotranspiración.

a = Función del índice de calor anual.

I= Índice de calor anual.

El Índice de calor anual (I) se calcula mediante:

$$I = \left({}^{T}/_{5}\right)^{1.514}$$

Donde:

T= Temperatura media mensual (°C).

La función *(a)* se calcula mediante:

$$a = (0.000000675 \times I^{3}) - (0.0000771 \times I^{2}) + (0.01792 \times \mathrm{I}) + 0.49239$$

Para la obtención del valor de I se utilizó la información de las estaciones meteorológicas presentes alrededor del SA, donde el promedio de la temperatura fue de **26.70 °C**, por lo tanto, se obtiene lo siguiente:

$$I = \left(\frac{26.70}{5}\right)^{1.514} = 12.633$$

Obtención del exponencial a:

$$\mathrm{a}=0.000000675\times(12.633)^{3}-0.0000771\times(12.633)^{2}+0.01792\times(12.633)+0.49239$$

$$\boldsymbol{a = 0.708}$$

Obtención del Valor de ETR:

$$ETR = 16\,X\,\left(10\frac{26.70}{12.633}\right)^{0.708}$$

$$\boldsymbol{ETR = 138.6751\,mm}$$

Al igual que para la precipitación, el valor obtenido para la evapotranspiración se convierte a metros (0.1387 m) y se multiplica por la superficie del SA convertida a metros cuadrados (44,150,970.00 m^2). Con base a lo anterior se tiene que en el SA se evaporan anualmente **6,122,638.4969 m^3** de agua de lluvia.

6.3.1.3. Cálculo del Volumen de Escurrimiento.

El potencial de infiltración de agua de un área arbolada depende de un gran número de factores tales como: la cantidad y distribución de la precipitación, el tipo de suelo, las características del mantillo, el tipo de vegetación y la geomorfología del área, entre otros (Torres y Guevara, 2002).

En México existen pocos trabajos sobre estimaciones de captura de agua en zonas arboladas. Dentro de los trabajos pioneros en esta área se encuentra el de Martínez y Fernández (1983) y todo el conjunto de modelos de escurrimiento a partir del modelo lluvia-escurrimiento desarrollado por el CENAPRED. La estimación de volúmenes de infiltración de agua en áreas forestales que a continuación se presenta se desarrolló siguiendo el modelo de escurrimiento general a través de la estimación de coeficientes de escurrimiento (Torres y Guevara, 2002). El modelo asume que el coeficiente de escurrimiento (Ce) se puede estimar como sigue:

$$\mathbf{Ce} = \frac{\mathrm{K}\,(P-250)}{2000} \qquad \textit{Cuando K es igual o menor a 0.15} \qquad \textit{Ec. 1}$$

$$\mathbf{Ce} = \frac{K\,(P-250)}{2000} + \frac{(K-0.15)}{1.5} \qquad \textit{Cuando K es mayor que 0.15} \qquad \textit{Ec. 2}$$

Donde:

Ce = Coeficiente de escurrimiento para diferentes superficies

P = Precipitación media anual (mm).

K = Factor que depende de la cobertura arbolada y del tipo de suelo.

El factor (K) está en función de la cobertura de los diferentes estratos vegetativos y el tipo de suelo. Para el presente estudio, se tomaron los valores de acuerdo con lo indicado en la Memoria Técnica del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del estado de Chiapas (Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, 2012), los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Uso de suelo y Vegetación	Tipo de suelo		
	A	B	C
Cuerpo de agua	0.00	0.00	0.00
Bosque de encino	0.07	0.16	0.24
Bosque mesófilo de montaña	0.07	0.16	0.24
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	0.07	0.16	0.24
Bosque de pino	0.07	0.16	0.24
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	0.07	0.16	0.24
Selva alta y mediana perennifolia	0.07	0.16	0.24
Selva alta y mediana subperennifolia	0.07	0.16	0.24
Bosque de encino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0.12	0.22	0.26
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) con vegetación secundaria	0.12	0.22	0.26
Bosque de pino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0.12	0.22	0.26
Bosque mesófilo de montaña con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0.12	0.22	0.26
Selva alta y mediana perennifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0.12	0.22	0.26
Selva alta y mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0.12	0.22	0.26
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	0.12	0.22	0.26
Selva baja perennifolia	0.12	0.22	0.26
Selva baja subperennifolia	0.12	0.22	0.26
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia	0.12	0.22	0.26
Selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0.17	0.26	0.28
Selva baja espinosa con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0.17	0.26	0.28
Selva baja perennifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0.17	0.26	0.28
Selva baja subperennifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0.17	0.26	0.28
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	0.17	0.26	0.28
Vegetación de galería (incluye bosque, selva y vegetación de galería)	0.17	0.26	0.28
Pradera de alta montaña	0.18	0.24	0.30
Chaparral	0.20	0.24	0.30
Pastizal cultivado	0.20	0.24	0.30
Sabana	0.20	0.24	0.30
Manglar	0.22	0.28	0.30
Palmar	0.22	0.28	0.30
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	0.24	0.27	0.3
Agricultura de temporal con cultivos anuales	0.24	0.27	0.3
Agricultura de temporal con cultivos permanentes y semipermanentes	0.24	0.27	0.3
Vegetación de dunas costeras	0.24	0.27	0.3
Pastizal inducido	0.24	0.28	0.3
Popal-tular	0.24	0.28	0.3
Área sin vegetación aparente	0.26	0.28	0.3
Asentamiento humano	0.27	0.29	0.32
A: Suelos permeables (arenas profundas y loes poco compactos). *B: Suelos medianamente permeables (arenas de mediana profundidad, loes y migajón).* *C: Suelos casi impermeables (arenas o loes delgados sobre capa impermeable, arcillas).*			

Tabla 12. Valores de K en función del tipo de suelo.

Los suelos presentes en el área del SA corresponden a los tres tipos A y B.

Una vez estimado el coeficiente de escurrimiento (Ce) es posible estimar el volumen de escurrimiento anual (Ve), el que está dado por la expresión siguiente:

$$Ve = Pa \times At \times Ce$$

Donde:

Ve = Escurrimiento anual (m^3)

Pa = Precipitación media anual (m)

At = Área total (m^2)

Ce = Coeficiente de escurrimiento (adimensional).

Dado que las expresiones anteriores dentro de sus parámetros consideran la existencia de algún tipo de comunidad vegetal, las áreas correspondientes a Asentamientos humanos y zonas urbanas, fueron excluidas del análisis, por lo que la determinación del Coeficiente de escurrimiento (Ce) y el Escurrimiento Anual (Ve).

En los anexos se muestra el cálculo digital del Escurrimiento en formato Excel.

De acuerdo con los cálculos realizados en el área del Sistema Ambiental se escurren anualmente **11,495,889.04 m³** de agua.

Nota: *La memoria de cálculo (en formato Excel) del Escurrimiento presente en el SA, se adjunta de forma digital en una USB al presente documento.*

6.3.1.4. Cálculo del Volumen de Infiltración.

De los resultados obtenidos se desprende que el área del Sistema Ambiental recibe en promedio anualmente 68,354,531.7540 m^3 (100.00%) de agua por medio de la precipitación, de la cual 11,495,889.0416 m^3 (16.82 %) se pierden en los escurrimientos superficiales; 6,122,638.4969 m^3 (8.96%) regresan a la atmósfera por evapotranspiración y 50,736,004.2155 m^3 (74.22%) se infiltran contribuyendo a la recarga de acuíferos. Con estos datos se hace la sustitución en la ecuación para el cálculo del volumen de infiltración:

$$\boldsymbol{Infiltración} = 68{,}354{,}531.7540 - 11{,}495{,}889.0416 - 6{,}122{,}638.4969 = 50{,}736{,}004.2155$$

Captación	ETR	Escurrimiento	Infiltración
68,354,531.7540	6,122,638.4969	11,495,889.0416	50,736,004.2155
100.00%	8.96%	16.82%	74.22%

Tabla 13. Balance Hidrológico presente en el SA.

6.3.1.5. Calidad del Agua

En relación a la calidad del agua, a fin de presentar valores cuantitativos sobre la situación del agua en el SA, se consultaron los datos de los indicadores de la calidad del agua superficial de la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua operada por la Gerencia de Calidad del Agua de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), utilizados para determinar cómo se encuentran los cuerpos y corrientes de agua nacionales.

Los indicadores considerados para agua superficial son los siguientes:

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días** (DBO_5): Mide la cantidad de oxígeno necesario o consumido para la descomposición microbiológica (oxidación) de la

materia orgánica en el agua. Se define como la cantidad total de oxígeno requerido por los microorganismos para oxidar la materia orgánica descompuesta.

- **Demanda Química de Oxígeno** (DQO): La medida del oxígeno consumido por la oxidación de la materia orgánica e inorgánica en una prueba específica. Su determinación permite medir en un residuo la cantidad total de Oxígeno que se requiere para la oxidación de la materia orgánica a Dióxido de Carbono y Agua.
- **Sólidos Suspendidos Totales** (SST): Los sólidos estiman la cantidad de materia sólida, suspendida o disuelta (residuo filtrable), presente en el agua, entre la que se encuentra la materia flotante, coloidal y en solución. Indica la cantidad de residuo retenido en un filtro de fibra de vidrio con tamaño de poro nominal de un micrón y hace referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial.
- **Coliformes fecales** (CF): Parámetro indicador de contaminación fecal en los cuerpos de agua. Si bien las bacterias coliformes no suelen causar enfermedades, se emplean como indicador de la calidad del agua porque su presencia se relaciona con la de varios patógenos, más difíciles de detectar, como son Salmonella, Shigella y Vibrio, causantes de gastroenteritis, disentería, tifoidea y cólera, así como de virus, excretados por los portadores de la enfermedad.
- ***Escherichia coli*** (E_COLI): Funciona como indicador de contaminación fecal y posible presencia de patógenos más específico, dado que otras coliformes pueden tener un origen no fecal y existir en aguas naturales no contaminadas.
- **Enterococos fecales** (ENTEROC_FEC): Similar a los dos parámetros previos, los enterococos funcionan como indicador de contaminación fecal en agua de mar. No obstante, como con los coliformes, algunos enterococos que pueden identificarse en aguas pueden proceder de otros hábitats, no necesariamente de origen contaminante.
- **Porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto** (OD%): Cantidad efectiva de Oxígeno gaseoso (O_2) en el agua, expresada en términos de su proporción en el agua saturada (porcentaje). Este parámetro es un indicador de la capacidad de un cuerpo para mantener la vida acuática.
- **Toxicidad aguda** (TOX): Indicador que permite evaluar el efecto tóxico integral en una muestra de agua de la que no se conocen los diversos elementos, sustancias o sus mezclas presentes y que son capaces de provocar efectos adversos en los seres vivos. Para su determinación, la CONAGUA emplea dos organismos de prueba: la bacteria *Vibrio fischeri* y el cladócero *Daphnia magna*, mediante métodos estandarizados.

Para la determinación sobre la clasificación de la calidad de un determinado sitio, se utiliza un semáforo de calidad del agua basado en intervalos de concentración de cada parámetro indicador en una escala de color, con verde representando una mejor calidad, amarillo una calidad intermedia y rojo mala calidad (Figura 4).

Indicador	No cumple	Cumple
DBO	Rojo	Verde
DQO	Rojo	Verde
TOX	Rojo	Verde
ENTEROC	Rojo	Verde
E_COLI	Amarillo	Verde
CF	Amarillo	Verde
SST	Amarillo	Verde
OD%	Amarillo	Verde

Figura 4. Semáforo de calidad del agua.

Si los resultados de calidad indican incumplimiento en uno más de los primeros 4 indicadores (DBO, DQO, TOX, ENTEROC), el sitio se pinta de rojo. Si los resultados de calidad de agua indican incumplimiento en unos o más de los siguiente 4 indicadores (E_COLI, CF, SST, OD%) el sitio se pinta de amarillo. En caso de cumplir con todos los indicadores, el semáforo se pone en verde.

Consultando los datos geográficos de los indicadores de calidad del agua superficial a nivel nacional, se identificó dos puntos de muestreo dentro del SA, siendo el OCFSU3019 y OCFSU3020. Las características de los sitios de muestreo se presentan en la siguiente tabla:

Clave de sitio	Sitio	Municipio	Cuerpo de agua	Tipo	Coordenadas Geográficas	
					Longitud	Latitud
OCFSU3019	Puerto Arista	Tonalá	Océano pacífico	Costero (Humedal)	-93.851478	15.953019
OCFSU3020	Puerto Arista	Tonalá	Océano pacífico	Costero (Humedal)	-93.846308	15.950333

Tabla 14. Características del sitio de muestreo de calidad de agua superficiales de la CONAGUA.

A continuación, en la siguiente tabla se presentan los valores del periodo de 2012 a 2024, de los indicadores de los sitios de monitoreo previamente mencionados, así como el color de semáforo aplicable:

Clave de Sitio: OCFSU3019																
DBO		DQO		SST		Coliformes Fecales		E. coli		OD		TOX F		TOX V		Semáforo
mg/L	Cal.	mg/L	Cal.	mg/L	Cal.	NMP 100mL	Cal.	NMP 100mL	Cal.	PORC	Cal.	UT	Cal.	15_UT	Cal.	
--	--	--	--	52	B.	17.69	E.	3.2895	E.	75	E.	2.01	T. M.	1.88	T.M..	VERDE

TOX D= Toxicidad Daphnia magna, 48 horas; TOX V= Toxicidad Vibrio fischeri, 15 minutos; SST= Solidos Suspendidos Totales; UT= Unidades de Toxicidad; OD= Oxígeno Disuelto; Cal.= Calidad del parámetro; FC= Fuertemente contaminada; N. T.= No tóxico; T. B.= Toxicidad Baja; T.M.= Toxicidad Moderada; B.= Calidad Buena; A= Calidad Aceptable; E= Calidad Excelente, E. coli: Escherichia coli

Tabla 15. Calidad de agua del punto de muestreo OCFSU3019.

Clave de Sitio: OCFSU3020																
DBO		DQO		SST		Coliformes Fecales		E. coli		OD		TOX F		TOX V		Semáforo
mg/L	Cal.	mg/L	Cal.	mg/L	Cal.	NMP 100mL	Cal.	NMP 100mL	Cal.	PORC	Cal.	UT	Cal.	15_UT	Cal.	
--	--	--	--	58	B.	16.39	E.	3.2030	E.	72.6	E.	<1	N. T.	<1	N.T..	VERDE

TOX D= Toxicidad Daphnia magna, 48 horas; TOX V= Toxicidad Vibrio fischeri, 15 minutos; SST= Solidos Suspendidos Totales; UT= Unidades de Toxicidad; OD= Oxígeno Disuelto; Cal.= Calidad del parámetro; FC= Fuertemente contaminada; N. T.= No tóxico; T. B.= Toxicidad Baja; T.M.= Toxicidad Moderada; B.= Calidad Buena; A= Calidad Aceptable; E= Calidad Excelente, E. coli: Escherichia coli

Tabla 16. Calidad de agua del punto de muestreo OCFSU3020.

Con base en los resultados obtenidos, se constata que el sitio de monitoreo presenta condiciones de calidad del agua clasificadas como favorables, en concordancia con la categorización final del semáforo en color Verde. Los parámetros analizados evidencian una baja carga orgánica, niveles adecuados de oxígeno disuelto que garantizan condiciones aeróbicas estables, concentraciones moderadas de indicadores bacteriológicos de origen fecal dentro de los límites permisibles y ausencia de efectos de toxicidad aguda.

En conjunto, estos indicadores fisicoquímicos y microbiológicos reflejan un estado trófico controlado, lo que sugiere estabilidad en los procesos biogeoquímicos y ausencia de presiones antrópicas significativas dentro del sistema hidrológico.

6.3.2. Área de CUSTF.

6.3.2.1. Captación de Agua.

Se obtuvo el dato promedio de las Estaciones Meteorológicas Pijijiapan (7129), Chahuites (20328) y Revolución Mexicana (7236). En este sentido, el promedio de precipitación anual el área de CUSTF es de **1,548.20 mm**, este valor se convierte a metros (1.5482 m) y se multiplica por la superficie del Área de CUSTF convertida a metros cuadrados (2,501.00 m^2), obteniendo que dicha superficie recibe anualmente **3,872.0482 m^3** de agua de lluvia.

En total, el Área de CUSTF recibe anualmente **3,872.0482 m^3** de agua de lluvia.

6.3.2.2. Cálculo de la Evapotranspiración.

Es la cantidad de agua que retorna a la atmósfera, tanto por la transpiración de la vegetación como por la evaporación del suelo en metros. Esta se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$ETR = 16\ X\ \left(10\frac{T}{I}\right)^{a}$$

Donde:

T= Temperatura media mensual (°C).

ETR= Evapotranspiración.

a = Función del índice de calor anual.

I= Índice de calor anual.

El Índice de calor anual (I) se calcula mediante:

$$I = \left({}^{T}/_{5}\right)^{1.514}$$

Donde:

T= Temperatura media mensual (°C).

La función *(a)* se calcula mediante:

$$a = (0.000000675 \times I^3) - (0.0000771 \times I^2) + (0.01792 \times \mathrm{I}) + 0.49239$$

Para la obtención del valor de I se utilizó la información de las estaciones meteorológicas presentes alrededor del área del proyecto, donde el promedio de la temperatura fue de **26.70 °C**, por lo tanto, se obtiene lo siguiente:

$$I = \left(\frac{26.70}{5}\right)^{1.514} = 12.633$$

Obtención del exponencial a:

$$\mathrm{a}=0.000000675\times(12.633)^3-0.0000771\times(12.633)^2+0.01792\times(12.633)+0.49239$$

$$\boldsymbol{a = 0.708}$$

Obtención del Valor de ETR:

$$ETR = 16\,X\,\left(10\frac{26.70}{12.633}\right)^{0.708}$$

$$\boldsymbol{ETR = 138.6751\ mm}$$

Al igual que para la precipitación, el valor obtenido para la evapotranspiración se convierte a metros (0.1387 m) y se multiplica por la superficie del área de CUSTF convertida a metros cuadrados (2,501.00 m^2). Con base a lo anterior se tiene que en el Área de CUSTF se evaporan anualmente **346.8263 m^3** de agua de lluvia.

6.3.2.3. Cálculo del Volumen de Escurrimiento.

Continuando con la aplicación del modelo de escurrimiento general a través de la estimación de coeficientes de escurrimiento (Torres y Guevara, 2002), se tiene lo siguiente:

Los suelos presentes en la superficie propuesta a CUSTF corresponden al tipo A, con cobertura de Dunas Costeras por lo que el valor de K es de 0.24. Por lo tanto, al tener valores >0.15, se aplica la Ecuación 2 de la metodología.

Una vez estimado el coeficiente de escurrimiento (Ce) es posible estimar el volumen de escurrimiento anual (Ve), el que está dado por la expresión siguiente:

$$Ve = Pa \times At \times Ce$$

Donde:

Ve = Escurrimiento anual (m^3)

Pa = Precipitación media anual (m)

At = Área total (m^2)

Ce = Coeficiente de escurrimiento (adimensional).

Con base a los cálculos realizados, en el Área de CUSTF se escurren actualmente **835.5260 m^3** de agua al año.

Nota: *La memoria de cálculo (en formato Excel) del Escurrimiento presente en el área de CUSTF, se adjunta de forma digital en una USB al presente documento.*

6.3.2.4. Cálculo del Volumen de Infiltración.

6.3.2.4.1. Cálculo del Volumen de Infiltración (I) Actual para el Área del Proyecto.

De los resultados obtenidos se desprende que el Área de CUSTF recibe en promedio anualmente 3,872.0482 m^3 (100%) de agua por medio de la precipitación, de la cual 835.5260 m^3 (21.58%) se pierden en los escurrimientos superficiales; 346.8263 m^3 (8.96%) regresan a la atmósfera por evapotranspiración 2,689.6958 m^3 (69.46%) se infiltran contribuyendo a la recarga de acuíferos. Con estos datos se hace la sustitución en la ecuación para el cálculo del volumen de infiltración:

Infiltración = 3,872.0482 – 835.5260 – 346.8263 = 2,689.6958

Captación	ETR	Escurrimiento	Infiltración
3,872.0482	346.8263	835.5260	2,689.6958
100.00%	8.96%	21.58%	64.46%

Tabla 17. Balance Hidrológico presente en el Área de CUSTF.

6.3.2.4.2. Cálculo del Volumen de Infiltración (I) en el Área del Proyecto posterior al CUSTF.

Para calcular la Infiltración que se presentará en la superficie del proyecto una vez realizado el Cambio de Uso del Suelo, se empleó el mismo cálculo que se realizó anteriormente para las condiciones actuales, modificando el valor de K en el cálculo del Coeficiente de Escurrimiento y en el del Volumen de Escurrimiento, modificando el valor de 0.24 a 0.26 para las condiciones de áreas de desprovistas de vegetación y la textura de suelo, derivado de las futuras condiciones donde el Cambio de Uso del Suelo ya se ha efectuado, el análisis queda de la siguiente manera:

Sustituyendo en la Ecuación 2, se tiene que los valores del coeficiente de escurrimiento que se tendrá tras la remoción de la cobertura vegetal. Una vez estimado el coeficiente de escurrimiento (Ce) es posible estimar el volumen de escurrimiento anual (Ve), el que está dado por la expresión siguiente:

$$Ve = Pa \times At \times Ce$$

Donde:

Ve = Escurrimiento anual (m^3)

Pa = Precipitación media anual (m)

At = Área total (m^2)

Ce = Coeficiente de escurrimiento (adimensional).

De acuerdo a los cálculos realizados en el Área de CUSTF se escurrirán **878.81 m³** de agua una vez realizado el cambio de uso de suelo.

Nota: *La memoria de cálculo (en formato Excel) del Escurrimiento posterior al CUSTF, se adjunta de forma digital en una USB al presente documento.*

- ***Infiltración posterior al CUSTF***

De los resultados obtenidos se desprende que el Área de CUSTF recibe en promedio anualmente 3,872.0482 m^3 (100%) de agua por medio de la precipitación, de la cual 937.4203 m^3 (24.21%) se pierden en los escurrimientos superficiales; 346.8263 m^3 (8.96%) regresan a la atmósfera por evapotranspiración 2,587.8016 m^3 (66.83%) se infiltran contribuyendo a la recarga de acuíferos. Con estos datos se hace la sustitución en la ecuación para el cálculo del volumen de infiltración:

$$\text{Infiltración} = 3{,}872.0482 - 937.4203 - 346.8263 = 2{,}587.8016$$

Captación	ETR	Escurrimiento	Infiltración
3,872.0482	346.8263	937.4203	2,587.8016
100.00%	8.96%	24.21%	66.83%

Tabla 18. Balance Hidrológico en el Área de CUSTF posterior a la remoción de la vegetación.

Con base al cálculo efectuado, se obtuvo, que, una vez realizado el cambio de uso de suelo, la infiltración en el Área de CUSTF será de 2,587.8016 m^3 de agua.

Lo anterior refleja un descenso en la infiltración, actualmente se infiltran 2,689.6958 m^3 de agua y una vez ejecutado el CUSTF está descenderá a 2,587.8016m^3 de agua, lo anterior refleja un descenso de **101.8942 m³** de agua anuales.

6.3.2.5. Calidad del Agua

De manera similar al SA, para la calidad del agua de las corrientes de agua cercanas al proyecto de CUSTF, se consultaron los datos de los indicadores de la calidad del agua superficial de la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua operada por la Gerencia de Calidad del Agua de la CONAGUA.

Consultando los datos geográficos de los indicadores de calidad del agua superficial a nivel nacional, se identificó el punto de monitoreo más cercano al proyecto de CUSTF. Las características y valores de dicho sitio se presentan a continuación

Clave de Sitio: OCFSU3020																
Clave: OCFSU3020 – Puerto Arista				Ubicación: Puerto Arista, Tonalá, Chiapas				Cuerpo de agua y tipo: Océano Pacífico – Costero (Humedal)				Longitud: -93.846308		Latitud: 15.950333		
DBO		**DQO**		**SST**		**Coliformes Fecales**		**E. coli**		**OD**		**TOX F**		**TOX V**		**Semáforo**
mg/L	Cal.	mg/L	Cal.	mg/L	Cal.	NMP 100mL	Cal.	NMP 100mL	Cal.	PORC	Cal.	UT	Cal.	15_UT	Cal.	
--	--	--	--	58	B.	16.39	E.	3.2030	E.	72.6	E.	<1	N. T.	<1	N.T..	VERDE

TOX D= Toxicidad Daphnia magna, 48 horas; TOX V= Toxicidad Vibrio fischeri, 15 minutos; SST= Solidos Suspendidos Totales; UT= Unidades de Toxicidad; OD= Oxígeno Disuelto; Cal.= Calidad del parámetro; FC= Fuertemente contaminada; N. T.= No tóxico; T. B.= Toxicidad Baja; T.M.= Toxicidad Moderada; B.= Calidad Buena; A= Calidad Aceptable; E= Calidad Excelente, E. coli: Escherichia coli

Tabla 19. Calidad de agua del punto de muestreo OCFSU3020.

Con lo anterior, se puede identificar que el sitio de monitoreo presenta condiciones de calidad del agua clasificadas como favorables, en concordancia con la categorización final del semáforo en color Verde. Los parámetros analizados evidencian una baja carga orgánica, niveles adecuados de oxígeno disuelto que garantizan condiciones aeróbicas estables, concentraciones moderadas de indicadores bacteriológicos de origen fecal dentro de los límites permisibles y ausencia de efectos de toxicidad aguda.

En conjunto, estos indicadores fisicoquímicos y microbiológicos reflejan un estado trófico controlado, lo que sugiere estabilidad en los procesos biogeoquímicos y ausencia de presiones antrópicas significativas dentro del sistema hidrológico.

Asimismo, es importante recordar que en la zona existe infraestructura hotelera y de turismo, así como diversos poblados y asentamientos, por lo que el uso propuesto tras las acciones de CUSTF se integrarán en el medio que, por años, se ha mostrado resiliente ante diversos factores que podrían haber afectado su calidad. No obstante, permanecen en buenas condiciones.

A fin de corroborar que el proyecto no causará el deterioro de la calidad del agua, se propone la ejecución de muestreos de agua en los cuerpos de agua cercanos al CUSTF, de preferencia en los puntos establecidos por la CONAGUA a fin de contar con márgenes de referencia, con el objetivo de cerciorarse que los parámetros de calidad del agua se encuentren dentro de rangos similares.

6.4. Con el Análisis Comparativo determinará el Déficit de la Erosión y la Infiltración por el CUSTF.

En resumen, se encuentra un aumento en la Tasa Erosiva de **0.4566 Ton/Año** a **1.6551 Ton Año**, notándose un incremento de **1.1985 Ton/Año**; por lo que deberán de implementarse las medidas necesarias para su mitigación o compensación.

Respecto a la infiltración, se concluye que descenderá de 2,689.6958 m^3 a 2,587.8016 m^3, lo cual indica un déficit de **101.8942 m^3** de agua que dejarán de infiltrarse.

Es por lo anterior que se deberán de implementar las medidas necesarias para su mitigación y/o compensación. Con el fin de compensar el aumento en la erosión y el déficit de infiltración, se propone el siguiente *Programa de Conservación de Suelo y Agua*:

6.4.1. Programa de Conservación de Suelo y Agua.

Derivado del crecimiento demográfico, no sólo en nuestro país, sino a nivel global, grandes extensiones de terrenos forestales se han visto modificadas para atender las necesidades de servicios que la sociedad demanda, como lo son espacios para la agricultura, ganadería, desarrollos urbanos, entre otros. Estas modificaciones se traducen no sólo en pérdidas de la diversidad, sino en aspectos más complejos como modificación de ciclos biológicos.

En muchos de los casos, la degradación ha sido tal que impide incluso, cualquier posibilidad de recuperación de la vegetación a su estado original por medios naturales. Es una situación que obliga intervenir para facilitar la estabilización de las condiciones actuales del ambiente y promover su mejoramiento a través de diversas prácticas y actividades entre las que sobresalen la forestación y las prácticas de conservación de suelos.

Los *Programas de Conservación de Suelo y Agua*, se han convertido en estrategias claves que los gobiernos, entidades educativas y diversos sectores de la sociedad, han adoptado para mitigar los impactos ambientales que se generan durante el desarrollo de proyectos, o bien, para recuperar áreas degradadas y potencializarlas para el progreso de comunidades rurales. En este entendido, a estos programas se les han asignado tipologías, según su orientación; por lo que pueden ser:

- **De Protección y Restauración**

El presente documento corresponde a un Programa de Conservación de Suelo y Agua, a través de la Reforestación, como medida de compensación para el proyecto **"Casa Habitación ubicada en la localidad de Puerto Arista, municipio de Tonalá, Chiapas"**, dando cumplimiento a los preceptos que se mencionan en el Artículo 93, Párrafo Primero de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), que establecen 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".

Para garantizar el éxito del Programa, es preciso realizar estudios de campo, que permitan conocer las condiciones del sitio susceptibles al establecimiento de la reforestación y que estas sean exitosas en su ejecución.

En este sentido, el presente documento propone la ejecución de un **Programa de Reforestación** y adicionalmente la construcción de **Obras de Conservación de Suelos y Agua**, que se implementarán como medidas de compensación y mitigación para los impactos ambientales ocasionados por la erosión laminar hídrica y el déficit de agua que se generarán por la ejecución del CUSTF.

6.4.1.1. Objetivos.

General

Definir las estrategias, actividades y metodología a seguir para la ejecución de las acciones de reforestación, a fin de dar cumplimiento a lo establecido en el Párrafo Primero del Artículo 93 de la LFDFS.

Específicos

- Proponer obras de conservación de suelo y agua, como medidas de mitigación por el cambio de uso de suelo.
- Identificar las obras de conservación de suelo y agua a proponer, dado la naturaleza del proyecto.
- Delimitar el sitio en el cual se pretende llevar a cabo el Programa de Reforestación.
- Seleccionar las especies vegetales a utilizar para la reforestación.
- Definir la estrategia y metodología para llevar a cabo la reforestación.
- Establecer las actividades de mantenimiento y monitoreo que se aplicarán.
- Calendarizar cada una de las etapas para la ejecución de la reforestación.
- Determinar los indicadores que se emplearán para evaluar la efectividad del Programa de Reforestación.

6.4.1.2. Características del Área de Estudio.

6.4.1.2.1. Ubicación.

El proyecto se localiza en el Municipio de Tonalá, Chiapas, en la localidad de Puerto Arista (Figura 5).

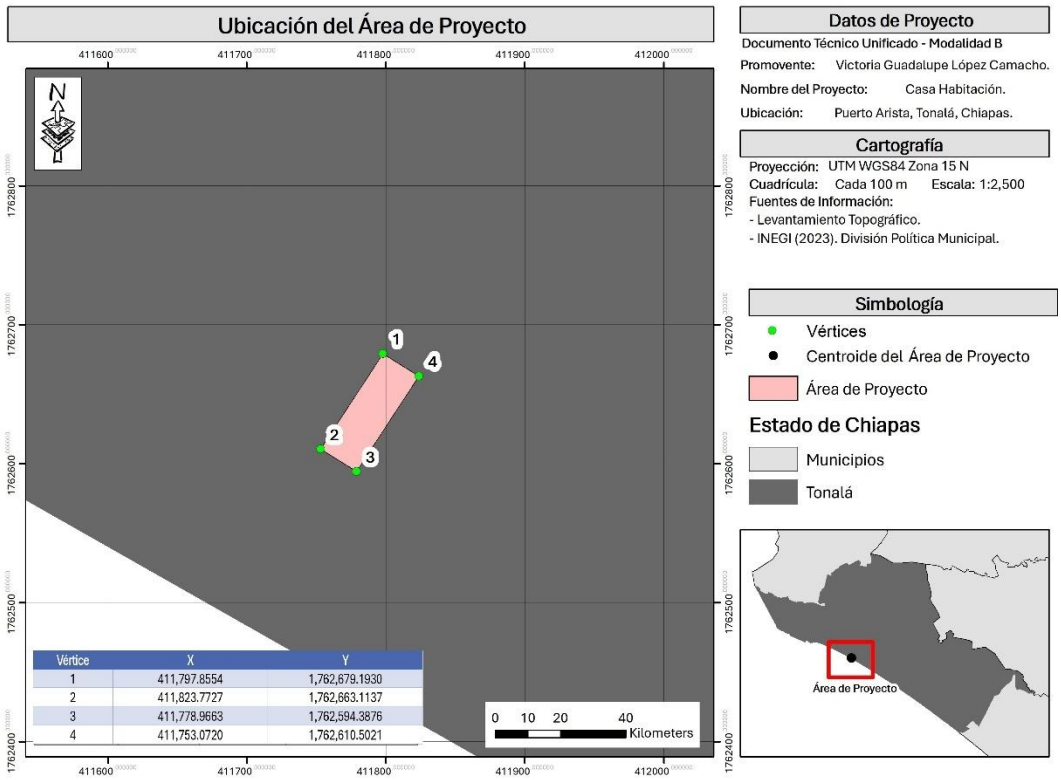


Figura 5. Ubicación del Área de CUSTF.

El área sujeta a CUSTF abarca una superficie de **0.2501 Ha**, con Vegetación de Dunas Costeras.

6.4.1.2.2. Degradación del Suelo.

Para el cumplimiento de las hipótesis del Artículo 93, Párrafo Primero de la LGDFS, en la obligación de demostrar que ***no se provocará la erosión de los suelos***, se presenta lo siguiente:

6.4.1.2.2.1. Erosión Laminar

- **Condiciones Actuales (previo al CUSTF)**

En el área de CUSTF la tasa erosiva actual asciende a **0.4566 Ton/Año** y corresponde a la Erosión Hídrica.

- **Condiciones Posteriores al CUSTF**

Posterior al CUSTF, el sitio presentará una tasa erosiva de **1.6551 Ton/Año**.

Con lo anterior podemos establecer un aumento en la Tasa Erosiva actual de **0.4566 Ton/Año** a **1.6551 Ton/Año**, notándose un aumento de **1.1985 Ton/Año**; por lo que deberán de implementarse las medidas necesarias para su mitigación o compensación.

6.4.1.2.3. Déficit de Aguas.

- **Condiciones Actuales (previo al CUSTF)**

De los resultados obtenidos se desprende que el Área de CUSTF recibe en promedio anualmente 3,872.0482 m^3 (100%) de agua por medio de la precipitación, de la cual 835.5260 m^3 (21.58%) se pierden en los escurrimientos superficiales; 346.8263 m^3 (8.96%) regresan a la atmósfera por evapotranspiración 2,689.6958 m^3 (69.46%) se infiltran contribuyendo a la recarga de acuíferos. Con estos datos se hace la sustitución en la ecuación para el cálculo del volumen de infiltración:

Infiltración = 3,872.0482 – 835.5260 – 346.8263 = 2,689.6958

Captación	ETR	Escurrimiento	Infiltración
3,872.0482	346.8263	835.5260	2,689.6958
100.00%	8.96%	21.58%	64.46%

Tabla 20. Balance Hidrológico actual en el Área de CUSTF.

- **Condiciones Posteriores al CUSTF**

De los resultados obtenidos se desprende que el Área de CUSTF recibe en promedio anualmente 3,872.0482 m^3 (100%) de agua por medio de la precipitación, de la cual 937.4203 m^3 (24.21%) se pierden en los escurrimientos superficiales; 346.8263 m^3 (8.96%) regresan a la atmósfera por evapotranspiración 2,587.8016 m^3 (66.83%) se infiltran contribuyendo a la recarga de acuíferos. Con estos datos se hace la sustitución en la ecuación para el cálculo del volumen de infiltración:

Infiltración = 3,872.0482– 937.4203– 346.8263= 2,587.8016

Captación	ETR	Escurrimiento	Infiltración
3,872.0482	346.8263	937.4203	2,587.8016
100.00%	8.96%	24.21%	66.83%

Tabla 21. Balance Hidrológico en el Área de CUSTF posterior a la remoción de la vegetación.

Con base al cálculo efectuado, se obtuvo, que, una vez realizado el cambio de uso de suelo, la infiltración en el Área de CUSTF será de 2,587.8016 m^3 de agua.

Lo anterior refleja un descenso en la infiltración, actualmente se infiltran 2,689.6958 m^3 de agua y una vez ejecutado el CUSTF está descenderá a 2,587.8016 m^3 de agua, lo anterior refleja un descenso de **101.8942 m^3** de agua anuales.

6.4.1.3. Reforestación.

La **LGDFS** define, en su Artículo 7°, Fracción LII, al término de **Reforestación** como el "*establecimiento de especies forestales en terrenos forestales*", y de acuerdo con la Fracción LXXX, entendiendo como **Vegetación Forestal** al "*conjunto de plantas y hongos que crecen y*

se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales"; además, es una herramienta que tiene como objetivo la recuperación de áreas degradadas ya sea por procesos naturales o por las acciones y actividades humanas.

A continuación, se presentan los elementos necesarios para llevar a cabo la correcta ejecución e implementación del Programa de Reforestación, como lo son: ubicación de sitio a reforestar, especies vegetales a plantar, diseño y método de plantación, calendarización de las etapas de reforestación, establecimiento de las actividades de manejo, mantenimiento y monitoreo del sitio a reforestar e indicadores que se emplearán para medir la eficiencia del Programa.

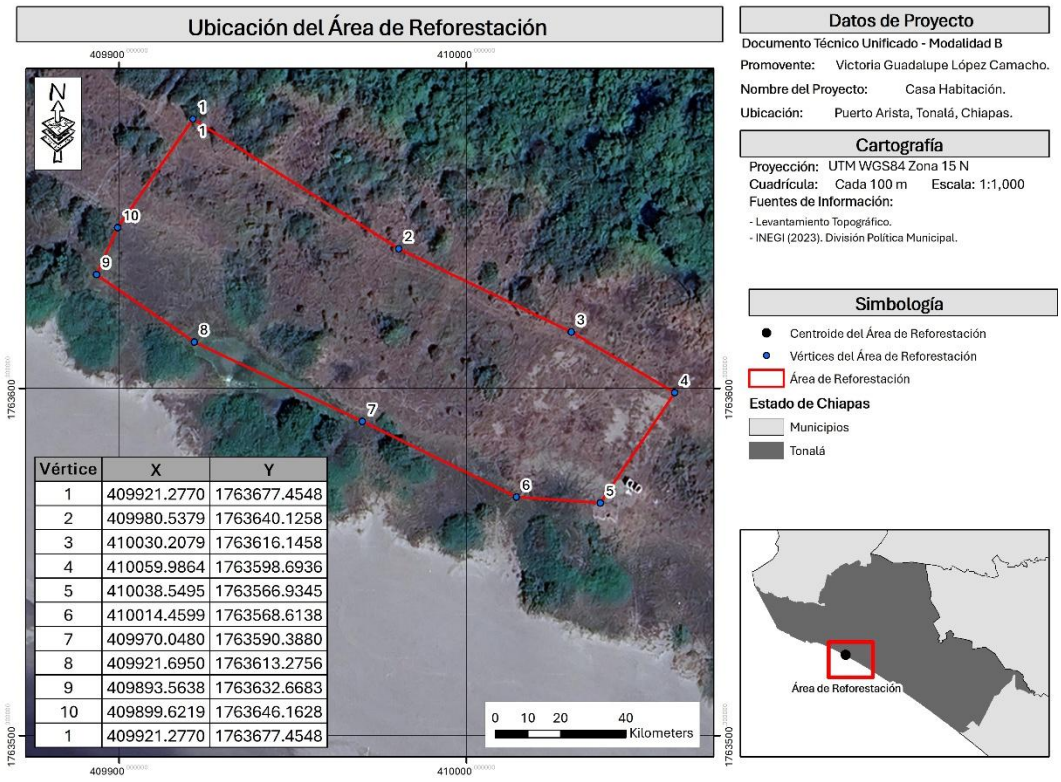
6.4.1.3.1. Ubicación de la Reforestación.

Es importante mencionar que las actividades de reforestación deberían implementarse al interior del SA, con el objeto de compensar y mitigar los efectos en el déficit de infiltración de aguas que se ocasionarán por la ejecución del CUSTF; se propone la implementación de un Programa de Conservación de Suelos y Agua por medio de la Reforestación dentro de una superficie total de 8,000 m^2, dentro de superficies desprovistas de vegetación en el Área Natural Protegida "Santuario Puerto Arista", al ser superficies constantemente supervisadas, garantizando su protección.

En la Tabla 23, se desglosan las coordenadas que delimitan la superficie propuesta a reforestación:

Vértices	Coordenadas UTM	
	X	Y
1	409921.2770	1963677.4548
2	409980.5379	1963640.1258
3	410030.2079	1963616.1458
4	410059.9864	1963598.6936
5	410038.5495	1963566.9345
6	410014.4599	1963568.6138
7	409970.0480	1963590.3880
8	409921.6950	1963613.2756
9	409893.5638	1963632.6683
10	409899.6219	1963646.1628

Tabla 22. Coordenadas del Área de Reforestación.



Vértice	X	Y
1	409921.2770	1763677.4548
2	409980.5379	1763640.1258
3	410030.2079	1763616.1458
4	410059.9864	1763598.6936
5	410038.5495	1763566.9345
6	410014.4599	1763568.6138
7	409970.0480	1763590.3880
8	409921.6950	1763613.2756
9	409893.5638	1763632.6683
10	409899.6219	1763646.1628
1	409921.2770	1763677.4548

Figura 6. Ubicación del Área de Reforestación.

6.4.1.3.2. Características del Área de Reforestación.

- **Clima**

De acuerdo con la Carta Temática de Unidades Climáticas Escala 1:250,000 del INEGI (2008) y a la clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García (2004) para los climas de la República Mexicana, el área de reforestación se localiza sobre la unidad climática con clave **Aw1(w)** (Figura 7), correspondiente a un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual mayor a 22°C y temperatura del mes más frío mayor a 18°C. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm, con un cociente P/T promedio entre 43.2 y 55.3, y un porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

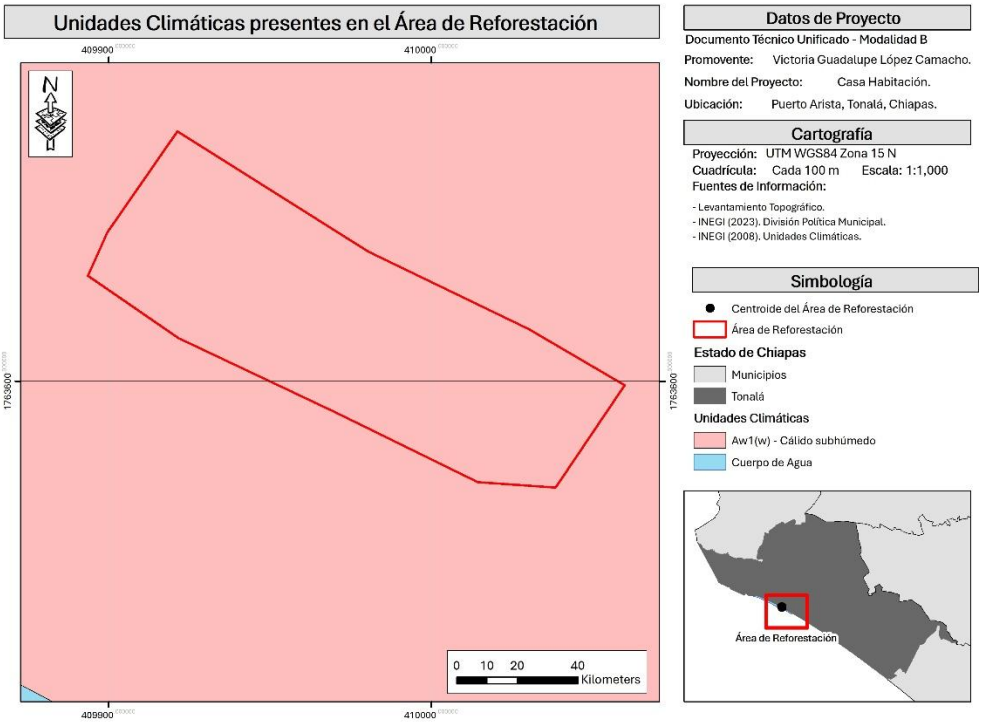


Figura 7. Clima en el Área de Reforestación.

- **Suelo**

Con base en la Carta Edafológica Serie II del INEGI (2014), el polígono del área de reforestación incide sobre suelos de tipo Arenosol de textura gruesa:

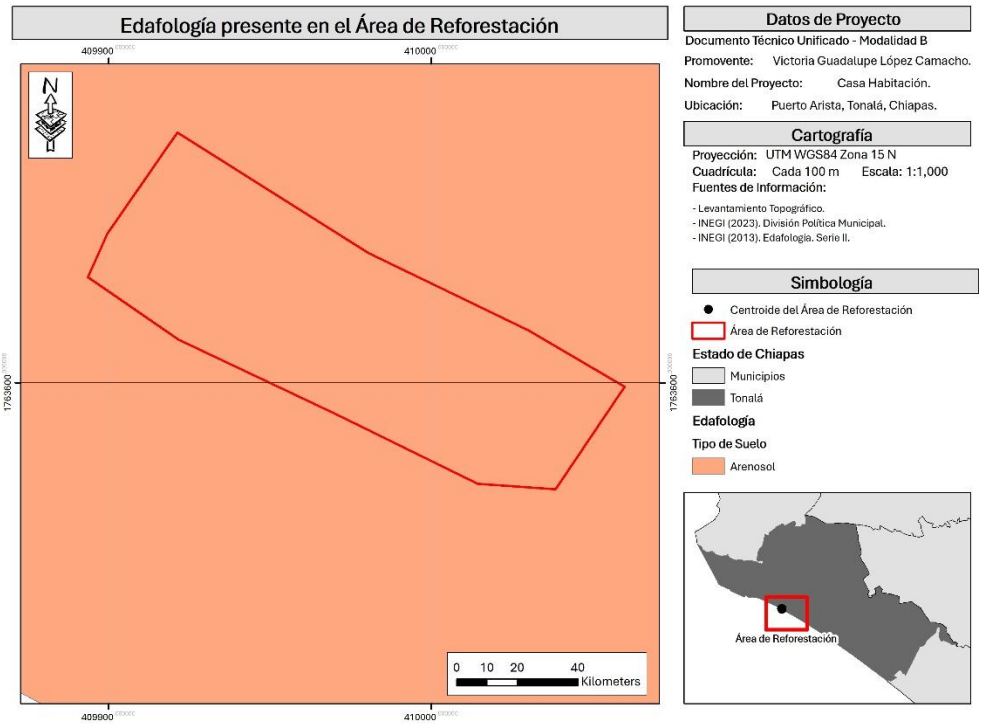


Figura 8. Tipo de Suelo en el Área de Reforestación.

El suelo Arenosol son aquellos con más del 85% de arena. Incluye arenas recién depositadas en dunas o playas, arenas residuales formadas por meteorización de sedimentos o rocas ricas en cuarzo. Los correspondientes al área de reforestación se consideran hiposódicos y próticos, es decir, tienen al menos 6% de saturación de sodio más magnesio en el complejo de intercambio en una capa de 20 cm o más de espesor, dentro de 100 cm de la superficie del suelo, y sin características adicionales sobresalientes. La textura gruesa indica suelos arenosos con más de 65% de arena, con menor capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas.

- **Uso de Suelo y Vegetación**

Con base a los datos vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación de la Serie VII del INEGI (2021), el área de reforestación se encuentra Desprovista de Vegetación y Pastizal Cultivado, como se observa en la Figura 9.

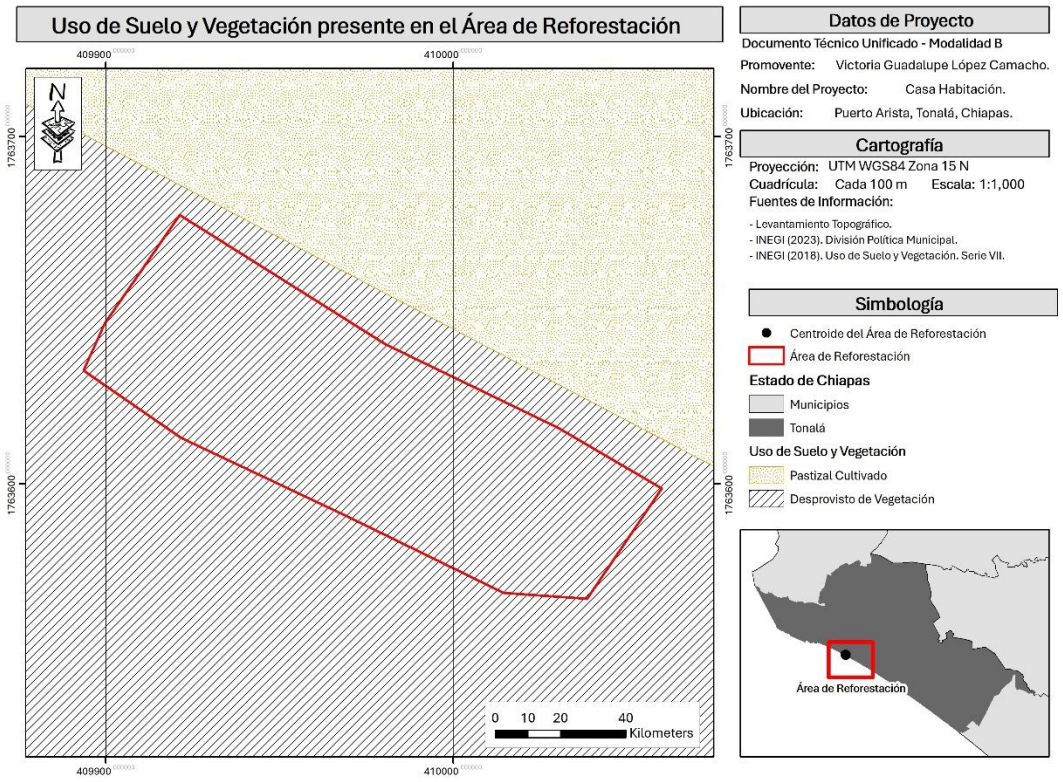


Figura 9. Uso de Suelo y Vegetación en el Área de Reforestación.

La finalidad del presente programa es restaurarlas por medio de la reforestación, resultando en un área verde.

- **Degradación del Suelo**

Siguiendo la metodología presentada en el apartado 6.2. *Análisis comparativo de la tasa de erosión actual y en el supuesto de llevar a cabo la remoción de la vegetación forestal,* del

presente Capítulo, se determinó la tasa erosiva actual del área propuesta para reforestación, obteniéndose los siguientes resultados:

EROSIÓN LAMINAR HÍDRICA

- Condición Previa a la Reforestación (Actual)

Una vez obtenido cada valor, se procedió a realizar el cálculo de la Erosión Hídrica Potencial, para lo que utilizamos la siguiente ecuación, donde se descarta el Factor C, ya que el área se encuentra *Desprovista de Vegetación*:

$$EH_{POT} = R\ x\ K\ x\ C\ x\ LS\ x\ P$$

Se obtuvo que, para el sitio de reforestación, se encuentra dentro del tipo de erosión Moderada, en el rango de 12 a 50 Ton/Año (99.56%).

Para conocer la Erosión Hídrica Actual del área, se debe multiplicar el valor de la EH_{POT} por la superficie del sitio de reforestación. Esto se realizó en la superficie del sitio de reforestación; obteniendo la corrección de que el total de Erosión Hídrica Real es de **11.4599 Ton/Año**.

Nota: *La memoria de cálculo (en formato Excel) se adjunta de forma digital en una USB al presente documento.*

INFILTRACIÓN

Con base en la metodología expuesta en el apartado 6*.3. Análisis comparativo de la captación e infiltración del agua en las condiciones actuales y en el supuesto de llevar a cabo la remoción de la vegetación forestal*, se aplicó el cálculo de la infiltración correspondiente al área de reforestación, obteniéndose lo siguiente:

- Precipitación: 12,385.6000 m^3/año
- Evapotranspiración: 1,109.4005 m^3/año

De acuerdo a la memoria de cálculo para el valor de escurrimiento, en donde se observa que en el área de reforestación se escurren anualmente **2,998.5455 m^3** de agua:

De los resultados obtenidos se desprende que el área de la superficie propuesta para reforestación recibe en promedio anualmente 12,385.6000 m^3 (100%) de agua por medio de la precipitación, de la cual 2,998.5455 m^3 (24.21%) se pierden en los escurrimientos superficiales; 1,109.4005 m^3 (8.96%) regresan a la atmósfera por evapotranspiración y 8,277.6540 m^3 (66.83 %) se infiltran contribuyendo a la recarga de acuíferos.

Derivado de lo anterior se establece que, actualmente en el área a reforestar se infiltran **8,277.6540 m^3** de agua de forma anual.

Nota: *La memoria de cálculo (en formato Excel) se adjunta de forma digital en una USB al presente documento.*

6.4.1.3.3. Metodología y actividades.

Selección de Especies para Reforestación

Para la determinación de las especies a utilizar en el Programa de Reforestación, se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Objetivo de la Plantación.
- Tipo de ecosistema por intervenir
- Características del ecosistema por intervenir.
- Especies nativas de estos ecosistemas.
- Disponibilidad de especies de utilidad ecológica y económica.
- Factibilidad de reproducción o plantas en vivero.

De acuerdo con lo anterior, se determina que el objetivo de la plantación tiene fines de *Restauración*, por lo cual es recomendable seleccionar especies forestales nativas, o aquellas que presenten características similares y puedan sobrevivir bajo las condiciones del ecosistema descrito.

Conforme a lo mencionado y al análisis de las especies que se encuentran disponibles en la zona, propias de la vegetación del SA, se proponen ejemplares de las siguientes especies para ejecutar las actividades de reforestación en el área determinada:

- *Casearia corymbosa* (Cafecito).
- *Vachellia collinsii* (Ixcanal).
- *Neltuma juliflora* (Huizache).

A continuación, se presentan las fichas técnicas de las especies seleccionada con anterioridad; de acuerdo con los datos de la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR):

Características Físicas de la Especie *Casearia corymbosa*		
Nombre Científico	*Casearia corymbosa*	
Nombre Común	Cafecito, Botoncillo, Chamiso, Copalillo	
Familia	Salicaceae	
Descripción	Árbol de 0.75–15 m. Hojas simples, alternas, glabras, con estípulas diminutas y con muchos puntos y líneas translúcidas. Inflorescencias en fascículos o corimbos con 5-35 flores amarillentas. Sus frutos son cápsulas subglobosas de 7-19 x 5-14 mm, color rojo, amarillo o anaranjado cuando maduran y que se abren en 3 valvas exponiendo 1 o 2 semillas con arilo rojo. Se reconoce de otras especies de Casearia por sus hojas con la base subcordada (o a veces asimétrica), el margen crenado o	

Características Físicas de la Especie *Casearia corymbosa*		
	aserrado, y la lámina con numerosas líneas translúcidas.	
Propagación	Semillas, Plántulas.	
Distribución	De México a Venezuela. En bosques secos o húmedos, bosque de galería, manglares, pantanos, dunas costeras, chaparrales. Usualmente en vegetación secundaria. Altitud: hasta 1,500 m.	
Notas	Se utiliza en cercas vivas, y triunfa en áreas con condiciones de crecimiento difíciles. De bajo mantenimiento. El fruto sirve de alimento para las aves, y la madera como leña.	

Tabla 23. Ficha técnica de Casearia corymbosa.

Características Físicas de la Especie *Vachellia collinsii*		
Nombre Científico	*Vachellia collinsii*	
Nombre Común	Ixcanal, Cornizuelo	
Familia	Fabaceae	
Descripción	Arbusto o árbol pequeño, de hasta 5 metros de altura. Hojas son bipinnnadas y caducifolias con pequeñas glándulas que tienen sustancias azucaradas. Flores con forma de espiga y de color amarillo claro	
Propagación	Sexual y Asexual.	
Distribución	Se encuentra en Chiapas, Yucatán, Guerrero y Oaxaca. Centroamérica e introducida en Sudamérica. Crece a bajas elevaciones, en bosques y lugares secos o húmedos. Altitud: 0 a 1,100 m.	
Notas	Especie utilizada para leña (combustible), así como en sistemas de cercas vivas, y en pueblos en actos religiosos y medicinales. Deja caer sus hojas durante la estación seca, pero las repone a inicios de la estación lluviosa	

Tabla 24. Ficha técnica de Vachellia collinsii.

Características Físicas de la Especie *Neltuma juliflora*		
Nombre Científico	*Neltuma juliflora*	
Nombre Común	Huizache.	
Familia	Fabaceae	
Descripción	Arbol o arbusto espinoso, caducifolio, de 2 a 12 m (hasta 15 m) de altura con un diámetro a la altura del pecho hasta de 40 cm. Bajo condiciones favorables de suelo y humedad, tienen hábito arbóreo y en condiciones de aridez extrema arbustivo. Copa amplia y plana, follaje muy ralo y extendido. Hojas alternas, bipinnadas y compuestas de 11 a 19 cm de largo.	
Propagación	Sexual y asexual.	

Características Físicas de la Especie *Neltuma juliflora*	
Distribución	Originaria de México. Elemento característico de las zonas áridas de Norte América aunque su distribución se ha extendido hasta algunas regiones áridas y semiáridas de Centro y Sudamérica. Crece en gran variedad de suelos, incluso en suelos muy pobres como dunas secas y guijosas. Altitud:
Notas	Especie Secundaria. Especie pionera, colonizadora, considerada para los procesos de regeneración, facilita el establecimiento de otros elementos. Se recomienda para repoblación forestal de zonas secas y áridas en regiones tropicales y subtropicales.

Tabla 25. Ficha técnica de Neltuma juliflora.

1. Obtención de plantas

Para obtener los ejemplares para la reforestación, es necesario localizar los puntos donde se hará el suministro de plantas para ejecutar el presente Programa, por lo que se buscará el apoyo de diferentes viveros comerciales que produzcan plantas forestales, ubicados de preferencia en el Municipio de Tonalá, así como en aquellos registrados por la CONAFOR que se encuentren cercanos al área de reforestación.

La existencia del vivero donde se adquirirán las plantas permite una selección intensiva de las características de estas, se escogerán las que tengan mayor vigor, que estén sanas y tengan una altura promedio de 40 cm.

Se buscará la obtención de un número equitativo de las plantas por el número de especies elegidas para la reforestación (total de plantas requeridas/número de especies), sin embargo, esto quedará condicionado por el número de individuos y de especies disponibles durante las visitas a los viveros.

2. Transporte de la planta

Una vez localizados los puntos que producen las plantas, estas serán transportadas al punto de reforestación. Esta es una actividad meticulosa que requiere de mucho cuidado para prevenir el maltrato de las especies. De acuerdo con el tipo de contenedor en el cual se presenten las especies, se deben seguir ciertas indicaciones:

A) Traslado con Envase de Plástico

Cuando las plantas se presenten en un recipiente de plástico existen varias opciones, dependiendo del transporte. De hacerse con camión, deben cuidarse los siguientes aspectos:

- Al acomodar las plantas en el camión, vigilar que los envases sean de las mismas dimensiones, con la finalidad de conseguir un arreglo homogéneo, que permita almacenarlos en varias capas, de preferencia con un máximo de dos niveles.

- Procurar que con el movimiento del vehículo las plantas no se muevan, por ello es necesario ajustar la carga a las dimensiones de la caja del camión, sin apretar los envases.
- Para estibar, se van traspaleando los envases de tal forma que los recipientes de arriba no aplasten a la planta de abajo, cuidando además que el tallo y hojas de las que quedan en la zona inferior no sufran dobleces o quebraduras.

B) Transporte a Raíz Desnuda

Es una práctica tradicional que requiere de menor esfuerzo, ya que la planta se traslada sin cepellón, con menores costos de transporte y plantación. Sin embargo, se debe tener mucho cuidado, ya que las plantas que se acarrean de esta forma son más susceptibles de sufrir daños en la raíz (desecación, rompimiento, etc.) a comparación del transporte en contenedores. Para evitar la desecación es conveniente exponer las plantas, el menor tiempo posible a los efectos del aire y el sol. Una alternativa recomendable es mantenerlas en un medio húmedo hasta su trasplante, por ejemplo: en un contenedor con un sustrato húmedo.

Sin importar la manera en que se decida movilizarlas, el proceso debe ser supervisado considerando el máximo cuidado de los especímenes. Al cargarlas y desmontarlas del vehículo, deben sujetarse del envase, nunca del tallo. Para evitar que las plantas estén expuestas a condiciones ambientales imperantes, los vehículos que las trasladarán deben acondicionarse, como, por ejemplo: cubrir sus techos con malla sombra y procurar trasladarlas de madrugada o al atardecer para evitar las altas temperaturas.

El traslado inadecuado puede disminuir de gran manera la sobrevivencia de las plantas en la ejecución de las actividades de Reforestación.

3. Establecimiento de la plantación

- PREVIO A LA PLANTACIÓN

El apropiado establecimiento de una plantación considera una serie de etapas y actividades orientadas a modificar el sitio hacia una mejor condición de suelo, así como el mejoramiento de sus factores limitantes, para así concentrar los recursos disponibles para favorecer el crecimiento inicial, sobrevivencia y desarrollo posterior de la planta.

Para el establecimiento de la reforestación, se ejecutarán las siguientes etapas:

1. Limpia

Es necesario un terreno habilitado y limpio para el establecimiento y crecimiento adecuado de las plantas, por ello debe realizarse una limpieza de las malezas o hierbas que podrían afectar a la reforestación, con el fin de disminuir la competencia. También, se considera la recolección de cualquier residuo que pudiera encontrarse en el área. El material de las

limpiezas (ramas, hojas, etc.) puede acumularse cerca del tallo de los árboles a plantar para mantener la humedad, o implementar cordones de material vegetal muerto como obra de apoyo para disminuir la erosión en el terreno.

2. Preparación del Sitio

En esta etapa se realizan actividades dirigidas al acondicionamiento del área, tales que permitan una mayor retención de agua, que las raíces puedan extenderse y desarrollarse libremente y que promuevan un mayor aprovechamiento de los nutrientes. Se consideran dentro de estas actividades a la construcción de cajetes, zanjas bordo y la apertura de cepas. Los cajetes de plantación deben tener dimensiones de 40x40x40 cm y se construyen con herramientas básicas como: palas, picos, barretas, cava hoyos, o mecánicas como: martillos neumáticos.

El establecimiento de ellos ayuda a la acumulación de suelo que pueda ser arrastrado, así como para el depósito de agua de lluvia en el sitio. Los árboles deben ser plantados inmediatamente después de la excavación del hoyo para que el suelo no pierda su humedad.

- EJECUCIÓN Y TEMPORADA DE PLANTACIÓN

El presente Programa de Reforestación funge como una medida de compensación para el cumplimiento de los establecido en el Artículo 93 de la LGDFS, favoreciendo de esta manera a la protección del recurso hídrico y suelo, incluso al carbono, mediante la plantación de diversas especies, con el fin de tener una población vegetal heterogénea, empleando técnicas que faciliten el desarrollo de la vegetación con los recursos que dispone el medio.

Es de suma importancia evitar la creación de superficies de vegetación uniformes y simultáneas, que formen un dosel de árboles iguales con un solo estrato, ya que esto hace que la estructura del sitio sea muy artificial y muy vulnerable al fuego y a plagas, además de crear un paisaje monótono (Orozco y Monreal, 1997).

La reforestación se realizará cuando el temporal de lluvias se encuentre bien establecido o en el momento en que la humedad del sitio sea la idónea, con el objetivo de que las plantas tengan un mayor tiempo para desarrollarse antes de que las condiciones pasen a ser más estresantes y limiten su crecimiento (temperaturas extremas y sequías); así como lo recomienda el *Manual de Restauración Forestal y Reconversión Productiva* de la CONAFOR (2015) para material procedente de vivero.

En caso de utilizar material vegetativo de especies suculentas como agaves, nopales, cactáceas etc., la plantación deberá realizarse antes o después del periodo de lluvias, para evitar la pudrición de la planta (CONAFOR, 2023).

- TRAZADO DE LA PLANTACIÓN

En este apartado, se establece el número de puntos del terreno donde se plantarán los árboles, su ubicación y como se trasplantarán a dichos sitios. Esto se determina en relación con la topografía del lugar, así como la distancia recomendada para las especies que se utilizarán en la reforestación.

Para terrenos que muestren pendientes pronunciadas mayores al 20%, además de las especificaciones para la plantación de las especies seleccionadas, es recomendable el trazado de tipo **Tres Bolillo**, donde se colocarán las plantas de tal manera que formen triángulos equiláteros; el distanciamiento entre plantas será de mínimo 3 metros. En la Figura 13 se ilustra el diseño recomendado:

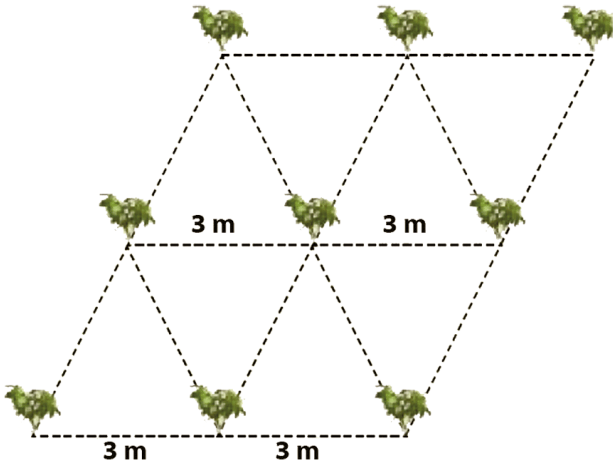


Figura 10. Diseño del trazado "tres bolillo" para plantaciones.

A continuación, se describe la operación matemática realizada para calcular el número de plantas que se deberán establecer para cada polígono propuesto para la reforestación, considerando una separación equidistante de 3.0 metros:

$$No.plantas\ (N) = \frac{Área\ a\ sembrar\ (m^2)}{(Distancia\ de\ siembra^2\ X\ 0.866)} = \frac{M}{(a^2 * 0.866)}$$

Considerando la formula anterior y sustituyendo con los datos de las áreas a reforestar y la equidistancia planteada, se obtiene lo siguiente:

$$No.plantas = \frac{8{,}000.00}{(3.0^2 * 0.866)} = \frac{8{,}000.00}{(9.0 * 0.866)} = 1{,}026.43 = 1{,}027\ plantas$$

Teniendo en cuenta que la superficie de las áreas propuestas para la reforestación es de **8,000.00 m²** se obtiene que, para la ejecución del presente Programa, la cantidad necesarias de plantas serán **1,027.00** plantas.

- MÉTODO DE PLANTACIÓN

De las diversas técnicas diseñadas para el trasplante de especies, en este Programa se utilizará el sistema de **Cepa Común**, una plantación manual que consiste en la apertura de suelo de 40 cm de largo por 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad, como se mencionó previamente, en donde se depositarán las especies. Sin embargo, previo a la plantación, deben tenerse las siguientes consideraciones:

- De ser necesario, realizar una poda de la raíz, recortando las puntas para evitar que se doblen y crezcan hacia arriba o en forma circular. Si se realiza la poda, es necesario recortar parte del follaje para evitar la deshidratación de la planta.
- Remover el envase o cubierta que la planta traiga consigo, sin dañar la raíz.
- Previo a colocar el árbol en la cepa, se agrega la tierra superficial (materia más fértil) para que la especie tenga mejor disposición de nutrientes. La tierra más profunda se utilizará para cubrir al individuo, una vez situada en la cepa.

Con lo anterior, se prosigue a colocar las plantas en sus espacios designados, manteniéndola en posición vertical con una mano, mientras que con la otra se rellena el resto del espacio con la tierra que fue extraída para conformar los cajetes, distribuyéndola uniformemente, para después compactar la tierra de tal forma que permita la aireación y drenaje en el suelo. Es recomendable apisonar ligeramente el suelo, para evitar la proliferación de espacios de aire, evitando así la deshidratación de la raíz de la planta.

Es importante que el cepellón tenga buen contacto con el suelo por todos sus lados y que se plante a una profundidad adecuada, cuidando que los tallos no queden hundidos, y que el sistema de raíces no se encuentre expuesto.

Alrededor del agujero donde se hará la plantación, se debe limpiar a ras de suelo como mínimo a 50 cm a la redonda, con el fin de aminorar la competencia de la plántula contra la maleza. En la Figura 11 se ejemplifica el método de plantación que se utilizará para el presente Programa (para su mayor entendimiento).

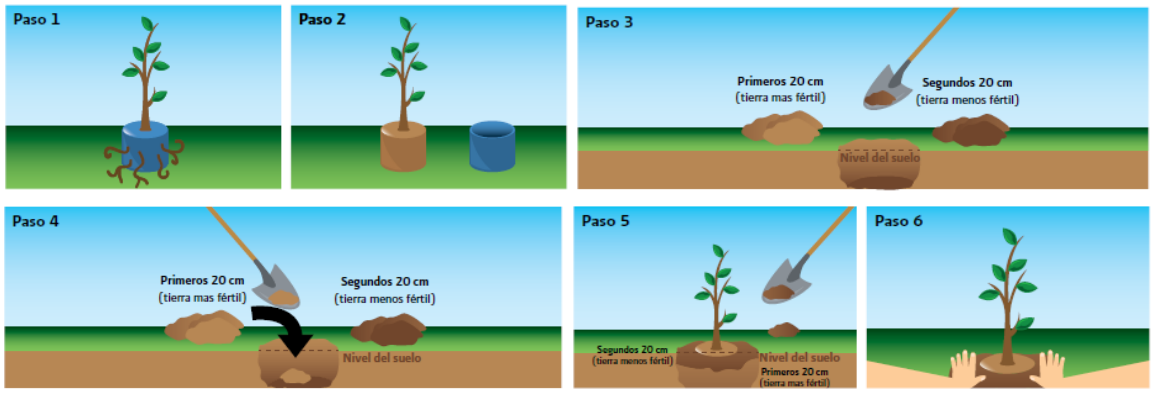


Figura 11. Sistema de Cepa Común.

En las plantaciones, pueden ocurrir ciertos errores que deben evitarse a toda costa para obtener el éxito de esta, a continuación, se enlistan las más comunes:

- Buscar que las plantas se siembren a la altura adecuada, si la cepa es muy profunda y el tallo queda muy hundido, se asfixiará; si es poco profunda, las raíces quedarán en la superficie y la planta se deshidratará.
- Nunca plantar el árbol con la bolsa o el recipiente de plástico que la cubre, ya que esto obstruye el desarrollo y crecimiento de las raíces.
- Evitar cubrir el tallo con mucha tierra, pues impedirá el acceso del agua.
- No colocar más de una planta por cepa, dado que ambas podrían lograr establecerse, lo que resultaría en una competencia por nutrientes, provocando un crecimiento lento y poco aceptable.
- Colocar las plantas en la posición correcta, evitando marcadas inclinaciones que pueden llevar a un crecimiento deforme o a la muerte del espécimen.

Si se tienen en cuenta estas precauciones, se puede garantizar el éxito de la plantación.

6.4.1.3.3.5. Acciones o actividades complementarias

Con el objeto de garantizar el desarrollo apropiado de la plantación, es necesario llevar a cabo diversas acciones para su protección de variados factores externos, como el paso de animales o personas ignorantes al proyecto de reforestación. A continuación, se mencionan los aspectos a cuidarse tras la plantación:

1. **Deshierbe**

Debe eliminar la competencia que se establece entre las plantas introducidas y las malezas por diversos factores como lo son la luz, agua y nutrientes. Se recomienda realizar el deshierbe solo alrededor de las plantas introducidas y dejar que en los demás sitios las malezas crezcan favoreciendo la recuperación y protección del suelo.

2. **Control de Plagas**

Debe partir del diagnóstico preciso del tipo de organismo que está afectando a la planta y de acuerdo con esto se debe prescribir el tratamiento más adecuado (natural o químico).

3. **Riegos Auxiliares**

Es conveniente realizar riegos auxiliares que permitan a la planta establecerse, evitando así, la pérdida total de la plantación.

4. **Señalización**

Se debe considerar la instalación de señalamientos informativos alrededor de los predios a reforestar, para evitar acciones malintencionadas de posibles transeúntes.

5. Cercado

Es recomendable colocar un cercado perimetral en las áreas a reforestar, con el fin de proteger las plantas de agentes externos que puedan dañarlas, como la Fauna Silvestre o ganado que pudiera encontrarse en la zona.

6. Supervisión

Con el fin de monitorear y realizar el mantenimiento necesario al sitio de reforestación, se planifican visitas periódicas tras la finalización de la plantación. Durante el primer bimestre se pretende realizar visitas semanales, para luego ejercer visitas bimestrales, en las cuales se llevará un registro de los conteos de las plantas que hayan logrado desarrollarse, si es necesario aplicar un control de plagas, si es necesario el deshierbe o el riego de las especies. Dichas visitas servirán para reportar los avances y el posible éxito de la reforestación en los informes anuales que se presentan a la Secretaría. Se recomienda tomar fotografías del sitio para registrar los mencionados avances.

6.4.1.3.4. Implementación del Programa.

Para implementar el presente Programa son necesarios diferentes materiales y equipos, tanto de protección como de labranza, tales como:

- Carretillas.
- Picos.
- Barretas.
- Palas Rectas y Curvas.
- Machetes.
- Guantes de Carnaza.
- Azadones.
- Cintas Métricas.

Debe procurarse que el equipo se encuentre y se mantenga en buen estado para evitar la adquisición y reemplazo con equipo nuevo. De igual forma, es necesaria la capacitación del personal que apoyará a la implementación del Programa.

El éxito del Programa de Reforestación está relacionado a la organización entre los técnicos especializados y el personal capacitado en la materia, por lo que previo a los trabajos de reforestación, se impartirán pláticas de capacitación a los involucrados, abordando los siguientes conceptos:

- Especies por reforestar y formas de identificación de estas.
- Diseños y técnicas de plantación.
- Transporte y manipulación de individuos.
- Requerimientos y selección de sitios de plantación.
- Labores de mantenimiento y monitoreo.
- Medidas de seguridad durante el manejo de la Flora.

Dado que la reforestación a tomar lugar en este programa es pequeña, solo se necesitará el apoyo de dos personas, quienes podrá realizar las actividades de plantación en un periodo aproximado de dos semanas.

6.4.1.3.5. Conservación de Suelos y Aguas por la Reforestación.

Con la aplicación de la reforestación, el sitio propuesto pasará de un área desprovista de vegetación, a una superficie con una cobertura vegetal prominente, con especies identificadas de *Vegetación de Dunas Costeras*.

Considerando el cambio en la cubierta vegetal, se realizaron los cálculos de la tasa erosiva y de infiltración posterior a las actividades de reforestación, con el objetivo de valorar los efectos de dicha actividad en la zona.

Siguiendo la metodología presentada en el apartado *6.2. Análisis Comparativo de la tasa de erosión actual y en el supuesto de llevar a cabo la remoción de la vegetación forestal,* del presente capítulo, se determinó la tasa erosiva actual del área propuesta para reforestación, obteniéndose los siguientes resultados:

EROSIÓN LAMINAR HÍDRICA

Para calcular la erosión laminar que se tendrá después de efectuar las actividades de reforestación, se realizó el proceso mencionado anteriormente, con la única diferencia de que el valor del Factor C fue modificado, ya que el sitio tendrá una cobertura vegetal, que, para el caso de este proyecto, será correspondiente a *Vegetación de Dunas Costeras*, por lo que el valor del Factor C es 0.80.

- <u>Condición Posterior a la Reforestación</u>

Una vez obtenido cada valor, se procedió a realizar el cálculo de la Erosión Hídrica Potencial, para lo que utilizamos la ecuación siguiente:

$$EH_{POT} = R \; x \; K \; x \; LS \; x \; C$$

Con ello, se clasifica la erosión potencial del área de reforestación como Ligera (menos de 12 Ton/año).

Si deseamos conocer la Erosión Hídrica Real, se debe multiplicar el valor de la EH_{POT} por la superficie de reforestación, para así obtener la Erosión Hídrica Real (EH_{REAL}). Esto se realizó en el área de estudio, obteniendo que el total de EH_{REAL} posterior a la reforestación sería de **3.1527 Ton/Año.**

Con lo anterior, se establece un decremento en la Tasa Erosiva Actual, es decir, de **11.4287 Ton/Año** a **3.1527 Ton/Año**, notándose un descenso de **8.2760 Ton/Año**; por lo que se

concluye que con la implementación de las acciones de restauración se estaría mitigando la erosión actual del sitio de estudio.

Nota: *La memoria de cálculo (en formato Excel) se adjunta de forma digital en una USB al presente documento.*

Comparando estos valores con el aumento en la erosión en el área del proyecto como resultado de las actividades de CUSTF, se determina que la reforestación es una medida de compensación apropiada para la mitigación de la erosión de suelos.

Erosión	
Concepto	**Erosión (Ton/año)**
Aumento por Ejecución del CUSTF	1.1985
Disminución por Ejecución de la Reforestación	8.2986
Diferencia	**7.1001**

Tabla 26. Comparación en los valores de las Tasas de Erosión por Actividades Compensatorias.

INFILTRACIÓN

Con base en la metodología expuesta en apartados previos, aplicado para el cálculo de la infiltración correspondiente al área de reforestación, se tienen los siguientes datos:

- Precipitación: 12,385.6000 m^3/año
- Evapotranspiración: 1,109.4005m^3/año

Tras la ejecución de la reforestación, se observa que en el área se escurrirían anualmente **2,672.6143 m^3** de agua:

De acuerdo a la memoria de cálculo los resultados obtenidos desprenden que el área de la superficie propuesta para reforestación recibe en promedio anualmente 12,385.6000 m^3 (100%) de agua por medio de la precipitación, de la cual 2,672.6143 m^3 (21.58%) se pierden en los escurrimientos superficiales; 1,109.4005 m^3 (8.96%) regresan a la atmósfera por evapotranspiración y 8,603.5852 m^3 (69.46%) se infiltran contribuyendo a la recarga de acuíferos.

Derivado de lo anterior se establece que en el área a reforestar se infiltrarían anualmente **8,603.5852 m^3** de agua, una vez ejecutadas las actividades de reforestación. Con los valores presentados, se obtiene lo siguiente:

Infiltración	m^3/año
Actual	8,277.6540
Posterior	8,603.5852
Diferencia	**325.9312**

Tabla 27. Infiltración en el área de reforestación.

Se observa que, derivado de las actividades de reforestación, se podrá obtener un aumento en la infiltración actual del área de reforestación con un total de **325.9312 m³/año**.

Nota: *La memoria de cálculo (en formato Excel) se adjunta de forma digital en una USB al presente documento.*

Comparando estos valores con el déficit de infiltración en el área del proyecto como resultado de las actividades de CUSTF, se determina que la reforestación como una medida de compensación apropiada para la mitigación en la disminución de la infiltración derivada del CUSTF.

Infiltración	m³/año
Déficit en el área de CUSTF	101.8942
Aumento por la reforestación	325.9312
Diferencia	**224.0370**

Tabla 28. Comparación en los valores de Infiltración por Actividades Compensatorias.

6.4.1.3.6. Propuestas de monitoreo y evaluación.

6.4.1.3.6.1. Indicadores de control y seguimiento

En esta etapa se mencionan los principales indicadores de eficiencia del Programa de Reforestación, siendo estos los siguientes:

- **Sobrevivencia**, dentro del primer al quinto año de establecimiento de la reforestación.
- **Incrementos de diámetro y altura** de las plantas sembradas en los primeros 5 años.
- **Periodo de adaptación** de las plantas establecidas.
- **Resistencia** a plagas y enfermedades.

Estos indicadores serán valorados durante la ejecución de las siguientes actividades:

- Visitas bimestrales durante todo el primer año de establecimiento de la reforestación, en las cuales se evaluarán los indicadores determinados.
- Muestreos y monitoreos semestrales a partir del segundo año de la reforestación.
- Limpieza de las áreas reforestadas que lo requieran, así como el replante de las fallas.

De las actividades mencionadas, se generarán los siguientes documentos:

- Bitácoras de Registro de Campo.
- Reseña Fotográfica de cada una de las actividades efectuadas.
- Registro de Sobrevivencia y Mortandad para cada una de las especies.
- Informes de los Avances del Programa de Reforestación.

6.4.1.3.7. Acciones preventivas y correctivas

En caso de que en las visitas posteriores a la reforestación se identifiquen bajas en las especies o un porcentaje de sobrevivencia menor al establecido (80%), se prevé la replantación de los especímenes necesarios para alcanzar una reforestación que cumpla con los objetivos y metas.

6.4.1.3.7. Cronograma de actividades.

Se presenta el calendario de actividades para la reforestación, considerando cinco años de monitoreo y seguimiento, como se ve en la siguiente tabla:

Actividades	Año 1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Selección de Áreas por reforestar					X							
Determinación de especies y cantidad requerida					X							
Obtención de Plantas					X	X						
Preparación del Terreno						X						
Transporte de Plantas						X						
Plantación						X						
Monitoreo y Seguimiento (Supervisión ambiental)							X	X	X	X	X	X
Mantenimiento (Supervisión ambiental)									X			
Evaluación de Sobrevivencia (Supervisión ambiental)									X			X
Entrega de Informe Anual (Supervisión ambiental)												X
Año 2 - 5												
Supervisión ambiental												
Monitoreo y Seguimiento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mantenimiento			X			X			X			X
Evaluación de Sobrevivencia						X						X
Entrega de Informe Anual												X

Tabla 29. Calendarización del Programa de Reforestación.

Cabe mencionar que las especies serán plantadas durante la temporada de lluvias (entre mayo y octubre), lo anterior, para garantizar su crecimiento y desarrollo, reduciendo la probabilidad de mortalidad.

6.4.1.4. Obras de Conservación de Suelos y Agua.

En el siguiente apartado se describen las obras de Conservación de Agua y de Suelo que se implementarán, así como la metodología que se utilizará para su construcción.

6.4.1.4.1. Captadores de arena.

Los sistemas pasivos de captación de arena son estructuras, normalmente empalizadas, que funcionan como obstáculos para que la arena que es transportada por el viento, choque

contra estas estructuras, se deposite y se acumule (Martínez, *et al.*, 2014). Entre los materiales más comunes se encuentran las redes de plástico, ramas secas y tablas de madera; los dos últimos son fuertemente preferidos dado que son materiales biodegradables, que con su descomposición llegarían a aumentar el contenido de materia orgánica en el sustrato.

Es una opción económica, eficiente y de fácil construcción, cuya desventaja es la lentitud del proceso de recuperación a comparación de la conformación de dunas con maquinaria. Sin embargo, el uso de los sistemas pasivos con captadores resulta en la restauración de la topografía con morfología natural y sin daño al medio ambiente (De Seoane, *et al.*, 2009).

La localización de los captadores dependerá de la dinámica de la costa, sin embargo, como las obras de este programa son en apoyo a la regeneración natural de las dunas, se construirán dentro del predio, frente al área del proyecto. Asimismo, la orientación de los captadores debe ser perpendicular a los vientos dominantes para obtener una mayor eficiencia en la acumulación de arena.

- **Selección de Captadores**

Los captadores de arena pueden ser de dos tipos, como se explica en el **Gráfico 2**:

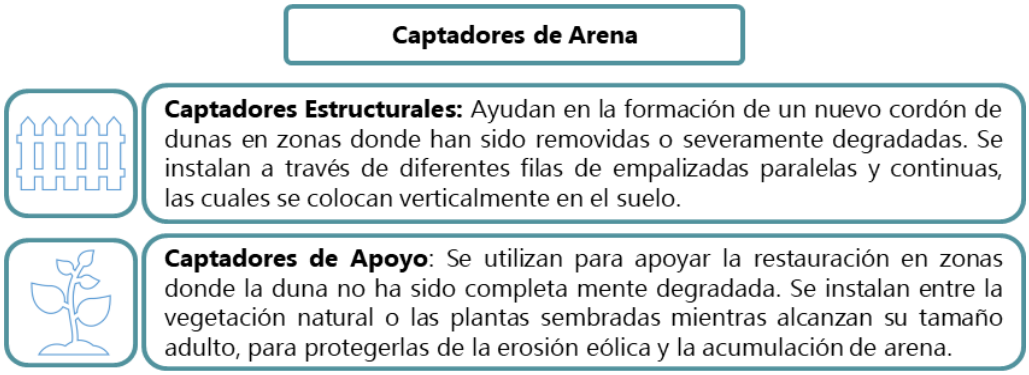


Gráfico 1. Tipos de Captadores de Arena.

Para el presente, al no existir en ellas vegetación se determina que el tipo de captadores a instalar serán del tipo estructural.

Para el establecimiento de los captadores pueden utilizarse diversos materiales, tanto de origen natural como artificial. En el caso de los primeros, tienen la ventaja de ser biodegradables y que, al descomponerse, no generan consecuencias negativas sino más bien contribuyen al contenido de materia orgánica en el suelo, que, a su vez, colabora con el establecimiento de la vegetación; sin embargo, también pueden presentar algunas desventajas como su poca durabilidad. Respecto a los segundos, conformados por

materiales plásticos, suelen ser más duraderos, pero deben ser retirados por completo una vez que se haya cumplido su objetivo.

Considerando lo anterior, se opta por que los retenedores sean de materiales naturales, para no generar inconvenientes con la presencia de residuos no biodegradables y por el costo que estos infieren. En la **Tabla 31** se presentan algunas ventajas y desventajas de los distintos tipos de materiales naturales usados para construir captadores de arena:

Tipo de Material		Ventaja	Desventaja
Tablas de Madera	Puede ser madera reutilizada (embarcaciones, plataformas, pallets, etc.). Se usan tablas de madera verticales unidas con cuerda o alambre galvanizado a tablas horizontales más estrechas.	• Aunque son biodegradables, necesitan más tiempo para desintegrarse que otros materiales más delgados. • La deposición de arena ocurre tanto a barlovento como a sotavento.	• La acumulación de arena no es constante, es más irregular que en los captadores flexibles y varía dependiendo de la ubicación del cerco y de la estación del año. • Pueden romperse o astillarse y ser peligrosos para los habitantes.
Pasto nativo, mimbre o similares	Se apilan en manojos que van amarrados con cuerda o hilo encerado o alquitranado.	• Al ser porosos, permiten mejor el paso lento de la arena. • Su instalación es sencilla. • Son más económicos que los elaborados en madera. • Son fácilmente biodegradables.	• Son menos resistentes a las inclemencias climáticas (lluvia y viento). • Son quebradizos y duran menos que la madera.
Ramas Secas	Pueden elaborarse de las ramas secas de árboles nativos de la región. Se amarran con cuerda, alambre o hilo encerado o alquitranado, y se fijan con estacas clavadas en la arena.	• Su instalación es muy sencilla. • Su precio es menor que los captadores anteriores. • Son biodegradables, contribuyen al contenido en materia orgánica del suelo.	• Son frágiles y duran menos que los dos anteriores. • Algunas ramas pueden contener espinas que podrían causar lesiones o resinas que inhiben el crecimiento de vegetación alrededor.

Tabla 30. Ventajas y Desventajas de los Materiales Naturales para Captadores de Arena.

La comparativa anterior nos ofrece el panorama necesario para poder seleccionar el material más adecuado para la construcción y establecimiento de los retenedores, de acuerdo a las condiciones del área y por ser de los materiales más duraderos, se opta por **establecer captadores de tablas de madera,** considerando realizar su mantenimiento para extender su vida útil y que no presente ningún inconveniente mientras cumple su objetivo.

- **Ubicación y Diseño**

La ubicación de los captadores depende de la dinámica sedimentaria de la costa, para que el caso que nos aplica, se colocan sobre o delante de la duna que se desea recuperar siguiendo la tendencia natural avanzando hacia el mar. Al ser retenedores estructurales, estos serán instalados en una fila de empalizada paralela y continua, colocadas verticalmente en el suelo. En esta sintonía, los retenedores serán colocados sobre la longitud de la colindancia sur del predio 5-A, delante de la duna a recuperar, estableciendo una única fila:

A manera de referencia, en las **Figuras 12 y 13**, se presenta el diseño propuesto para los captadores de arena de tablas de madera, y sus dimensiones, y en la **Tabla 32**, se expone el resumen del análisis realizado:

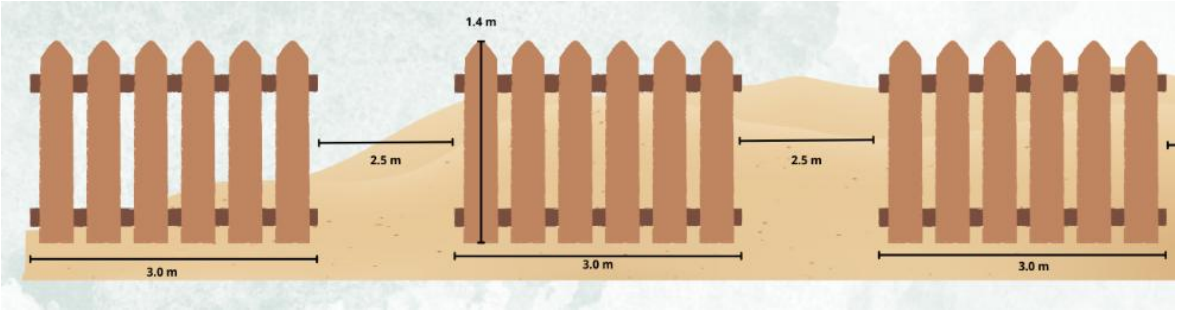


Figura 12. Colocación de los Captadores de Arena.

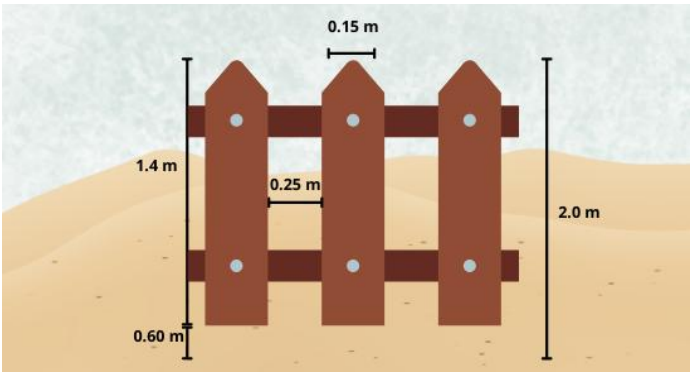


Figura 13. Dimensiones de los Captadores de Arena.

	Concepto	Medida
a)	Longitud total	30 m
b)	Longitud cubierta por captadores	15 m
	Longitud de cada captador	3.0 m
	Distancia entre tablas	0.25 m
	Distancia entre captador	2.5 m
c)	Altura total	2.0 m
	Altura efectiva*	1.40 m
**Los captadores se entierran a una profundidad de 0.60 m para garantizar su estabilidad.*		

Tabla 31. Resumen de Dimensiones para los Captadores de Arena.

- **Establecimiento de los Captadores**

Para instalar los captadores de arena se realizarán las siguientes acciones:

- Se excavará una zanja de 60 cm de profundidad para enterrar la base, colocando los captadores en posición vertical y nivelando el suelo para mayor estabilidad.

- Se dejará un espacio de 2.5 m para permitir el paso de tortugas marinas (adultos y crías).
- La altura será de 2.0 m desde la base, teniendo, entonces, una altura sobresaliente o efectiva de 1.60 m. En caso de que el captador llegara a enterrarse totalmente por la arena acumulada y todavía se necesitará aumentar el tamaño de la duna, se colocará una nueva línea.
- La colocación de los captadores se realizará fuera de la temporada de anidación de las tortugas marinas, que ocurre entre los meses de junio y octubre, realizándola entonces a principio de año.

IX.2.4. Mantenimiento

Las actividades de mantenimiento se constituyen en el monitoreo de estructuras rotas y/o dañadas (incluye grafiteadas) y la verificación de tornillos, clavos o pernos sueltos. En caso de que estas situaciones se presenten, se procederá a reparar o sustituir los defectos encontrados.



Figura 14. Ejemplos de instalación de barreras de captación de arena a base de estacas de madera.

Derivado de lo anterior, se propone la instalación de 5 captadores de arena de 3 metros de largo en la parte sur del predio donde se ejecutará el proyecto a fin de mitigar los efectos del proyecto en la pérdida de dunas costeras, la erosión laminar hídrica y déficit de infiltración que se generará en el sitio del proyecto, en adición a los trabajos de reforestación.

Con el análisis realizado a lo largo de este documento, queda establecido que con la implementación de la reforestación como medidas de compensación, el presente proyecto **"***No contrapone lo establecido en el Artículo 93 Párrafo Primero de la LGDFS, en el que se menciona que para que un Proyecto en el que se requiera la Autorización del Cambio de Uso del Suelo, la obra no deberá incrementar la tasa erosiva así como no provocar el déficit en la infiltración***"** ya que se estará haciendo lo contrario, al disminuir la tasa erosiva e incrementando la infiltración.

Existen estudios que validan estas conclusiones, como el presentado por Gutiérrez y Salazar (1986) referente a los beneficios obtenidos por medio de reforestaciones realizadas en la sierra de Zapalinamé. Dicho estudio tuvo como objetivo determinar si la plantación de pinos en dicho sitio ha incrementado la infiltración y conocer su comportamiento a través de la edad de la plantación y de las épocas del año. Para cumplir con este objetivo, se hicieron estimaciones de la infiltración en un área sin reforestar y durante las diferentes estaciones del año; para ello se utilizó un experimento factorial con un diseño completamente al azar y una comparación múltiple de Duncan. Los análisis realizados mostraron que las tasas de infiltración se han visto incrementadas con la reforestación.

Cabe mencionar que la reforestación adicionada a una capa vegetal disminuye la escorrentía durante las lluvias, lo que promueve la capacidad de infiltración del agua en el subsuelo y en los mantos acuíferos. La retención de esta agua ayuda a mitigar problemas como los deslaves e incendios, contribuyendo a disminuir los efectos del cambio climático; lo anterior se debe a la regulación del ciclo del agua promovida por las plantas, mismas que por medio de sus raíces se encargan de recargar los acuíferos y de esta forma, mantienen y mejoran la calidad del agua subterránea. Otros beneficios de la reforestación incluyen: el almacenamiento de Carbono, el incremento de la biodiversidad, la producción de Oxígeno, la purificación del aire, la formación de suelos fértiles y la reducción en la temperatura del suelo (Rojo y Sanginés, 2002).

Por lo tanto, se determina que *la reforestación es una medida apropiada y viable para la compensación y mitigación de las afectaciones derivadas de los incrementos en la degradación del suelo, la calidad y cantidad del agua a infiltrarse.*

6.4.1.5. Medidas de Mitigación

Adicionalmente a la reforestación, la ejecución del proyecto contempla la implementación de medidas de mitigación a las afectaciones derivadas del CUSTF, en específico a los componentes agua, suelo y atmósfera. Dichas medidas se describen detalladamente en el **Capítulo 9** del presente DTU-B.

Sin embargo, a continuación, se expone un extracto de las medidas que se llevarán a cabo para mitigar y/o minimizar los impactos ambientales que se ocasionarán a los factores ambientales relacionados con el aumento en la erosión del suelo y el déficit de infiltración de agua:

- ATMÓSFERA

Impactos	Descripción de la Medida
Calidad del aire Generación de ruido y vibraciones	Se vigilará que los vehículos y equipos estén en buenas condiciones de operación y mantenimiento, lo que evitará la contaminación tanto del aire (por emisión de gases y partículas) como del suelo y agua (por fuga de aceites, combustibles o cualquier otro hidrocarburo).
	Las actividades estarán limitadas a la jornada de trabajo diurna, para evitar molestias a la fauna de áreas forestales cercanas y asentamiento humanos cercanos a diversos puntos a lo largo del proyecto.
	La maquinaria y vehículos utilizados a lo largo del proyecto deberán hacer uso de silenciadores.
	Al utilizar camiones volteo para la carga y retiro de material despalmado, se cubrirán las cajas con lonas para evitar la dispersión del material.
	Los vehículos y máquinas deberán desplazarse en velocidades bajas para disminuir la generación de polvos al mínimo.
	Los conductores deberán apagar los equipos y/o vehículos que utilicen combustibles fósiles cuando estos se encuentren inactivos o durante los tiempos de espera de carga y descarga sean mayores a 5 minutos.
	Se prohíben las fogatas, la quema de residuos y el uso de agroquímicos.
	El material producto del despalme será colocado en pilas, mismas que serán cubiertas con lonas aseguradas al suelo para evitar la dispersión de polvos y partículas. Asimismo, serán humedecidos de forma periódica.

Tabla 32. Medidas de Mitigación del Proyecto- Aire.

- GEOMORFOLOGÍA

Impactos	Descripción de la Medida
Compactación de suelo	Reducir a un mínimo los movimientos de tierras y la operación de la maquinaria, en medida de lo posible.
	La maquinaria y vehículos transitarán únicamente sobre las áreas autorizadas y las vías de acceso preexistentes.
	Se respetarán los límites establecidos y autorizados del proyecto.
Modificación del relieve	Deberán evitarse excavaciones y remociones de suelo innecesarias para evitar la inestabilidad del suelo. Asimismo, evitar el impacto negativo al paisaje de la zona.
	Delimitar el área del proyecto y respetar sus límites, a fin de evitar afectaciones a áreas más grandes.

Tabla 33. Medidas de Mitigación del Proyecto - Geomorfología.

- SUELO

Impactos	Descripción de la Medida
Contaminación de suelos	Reducir a un mínimo los movimientos de tierras y la operación de la maquinaria, en medida de lo posible.
	Se deberán recolectar, almacenar y triturar los productos del desmonte y despalme para su uso futuro en obras de conservación.
Erosión	Conservación de la tierra fértil residual de las actividades del CUSTF para su uso en la reforestación o en áreas verdes.
	Se realizará la verificación de equipos y maquinas, a fin de que estas estén en condiciones óptimas de trabajo.

Impactos	Descripción de la Medida
	El mantenimiento de vehículos y máquinas, así como su limpieza, se ejecutará en talleres de servicio en las localidades cercanas. No se deben realizar dentro del sitio. En casos de emergencias que requieran la reparación en el área de trabajo, será necesario el uso de tapetes sanitarios y equipo antiderrames.
	Tras el término del proyecto de CUSTF, se realizará un recorrido final para la limpieza general del área.
	Deberán evitarse excavaciones y remociones de suelo innecesarias para evitar el incremento de los procesos erosivos.

Tabla 34. Medidas de Mitigación del Proyecto - Suelo.

- AGUA

Factor	Descripción de la Medida
Agua	Se respetará siempre que sea posible el patrón de drenaje natural.
	Se prohíbe el uso de químicos contaminantes como herbicidas, así como la descarga de cualquier tipo de sustancias, contaminantes, materiales o residuos tóxicos que puedan alterar a las corrientes de agua.
	Se prohíbe el uso y aprovechamiento de las aguas superficiales del océano.
	Proporcionar mantenimiento correctivo y preventivo de máquinas y vehículos, evitando fugas que pudieran provocar contaminación hídrica.
	Instalar sanitarios portátiles a razón de 1 por cada 20 trabajadores, para prevenir la contaminación, que deberán de contar con mantenimiento por parte de la empresa arrendadora.
	El mantenimiento de vehículos y máquinas, así como su limpieza, se ejecutará en talleres de servicio en las localidades cercanas. No se deben realizar dentro del sitio.
	Quedará prohibido arrojar cualquier tipo de residuos al mar.
	Deberán evitarse excavaciones y remociones de suelo innecesarias para evitar el incremento de escurrimientos superficiales.
	Realizar la caracterización fisicoquímica del agua superficial de las corrientes cercanas al CUSTF, previo al inicio de las actividades para determinar la calidad del agua actual conforme a los Indicadores de Calidad del Agua de la CONAGUA, para establecer una comparativa tras la ejecución del CUSTF.
	El agua requerida para el proyecto será adquirida mediante pipas y se almacenará temporalmente en recipientes y/o tanques. Se recolectará el agua de las lluvias que pudieran presentarse durante la ejecución del proyecto.

Tabla 35. Medidas de Mitigación del Proyecto - Agua.

6.4.1.6. Datos del Promovente.

Nombre o Razón Social: C. Victoria Guadalupe López Camacho.

RFC: LOCV5207285M3

Domicilio: 12ª poniente norte, No. 1680, C.P. 29030, Colonia Mirador, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

6.4.1.7. Datos de la persona que elabora el Programa.

Nombre o Razón Social: Ing. José Rafael Ramos Moreno

RFC: RAMR690316M68

RFN: Libro CHIS, Tipo UI, Volumen 2, Número 4, de fecha 06 de noviembre de 2000, autorizado mediante Oficio Núm. SRN/2192/2000, tal y como lo establece la Constancia de Inscripción en el Registro Forestal Nacional con Oficio No. 127OR/SGPA/UARRN/DSFS/3236/24

Domicilio: Privada Mitla No. 298, Colonia Calichal, C.P. 29026, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Teléfono: 961 655 4789

Correo Electrónico: forestalmx@hotmail.com

Elaboró:

Ing. José Rafael Ramos Moreno

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
MODALIDAD A (DTU-B)

“CASA DE PLAYA, UBICADA EN PUERTA ARISTA, MUNICIPIO DE TONALÁ, CHIAPAS”

CAPÍTULO 8. ANÁLISIS QUE DEMUESTREN QUE LA BIODIVERSIDAD DE LOS ECOSISTEMAS QUE SE VERÁN AFECTADOS POR EL CAMBIO DE USO DE SUELO SE MANTENGA

PROMOVENTE: MANUEL FRANCISCO ANTONIO PARIENTE GAVITO

MAYO, 2026

Contenido

CAPÍTULO 8. ANÁLISIS QUE DEMUESTREN QUE LA BIODIVERSIDAD DE LOS ECOSISTEMAS QUE SE VERÁN AFECTADOS POR EL CAMBIO DE USO DE SUELO SE MANTENGA. 1

8.1. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD DE LA VEGETACIÓN. 1

8.1.1. SISTEMA AMBIENTAL. 1

8.1.1.1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD. 1

8.1.1.1.1. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON – WIENER E ÍNDICE DE PIELOU. 1

8.1.1.1.2. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON. 4

8.1.1.1.3. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE MARGALEF. 6

8.1.2. ÁREA DE CUSTF. 7

8.1.2.1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD. 7

8.1.2.1.1. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON – WIENER E ÍNDICE DE PIELOU. 7

8.1.2.1.2. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON. 9

8.1.2.1.3. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE MARGALEF. 11

8.2. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD DE LA FAUNA SILVESTRE. 12

8.2.1. SISTEMA AMBIENTAL. 12

8.2.1.1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD. 12

8.2.1.1.1. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON – WIENER E ÍNDICE DE PIELOU. 12

8.2.1.1.2. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON. 15

8.2.1.1.3. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE MARGALEF. 18

8.2.2. ÁREA DE CUSTF. 19

8.2.2.1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD. 19

8.2.2.1.1. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON – WIENER E ÍNDICE DE PIELOU. 19

8.2.2.1.2. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON. 22

8.2.2.1.3. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE MARGALEF. 23

8.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA BIODIVERSIDAD. 25
8.3.1. INDICADORES DE DIVERSIDAD. 25
8.3.1.1. COMPARATIVA DE LA FLORA SILVESTRE. 25
8.3.1.1.1. RIQUEZA. 25
8.3.1.1.2. ABUNDANCIA, ABUNDANCIA RELATIVA, ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA Y VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVO. 25
8.3.1.1.3. ÍNDICES DE DIVERSIDAD. 28
8.3.1.1.3.1. ÍNDICE DE SHANNON – WIENER E ÍNDICE DE PIELOU. 28
8.3.1.1.3.2. ÍNDICE DE SIMPSON. 29
8.3.1.1.3.3. ÍNDICE DE MARGALEF. 30
8.3.1.1.4. ÍNDICE DE SORENSEN. 31
8.3.1.2. COMPARATIVA DE LA FAUNA SILVESTRE. 32
8.3.1.2.1. RIQUEZA. 32
8.3.1.2.2. ABUNDANCIA Y ABUNDANCIA RELATIVA. 33
8.3.1.2.3. ÍNDICES DE DIVERSIDAD. 36
8.3.1.2.3.1. ÍNDICE DE SHANNON – WIENER E ÍNDICE DE PIELOU. 36
8.3.1.2.3.2. ÍNDICE DE SIMPSON. 37
8.3.1.2.3.3. ÍNDICE DE MARGALEF. 38
8.3.1.2.4. ÍNDICE DE SORENSEN. 39
8.3.2. ANÁLISIS GENERAL. 40
8.3.2.1. FLORA. 40
8.3.2.2. FAUNA. 41

Lista de Tablas

Tabla 1. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el Estrato Arbóreo del Sistema Ambiental. 2
Tabla 2. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el Estrato Arbustivo del Sistema Ambiental. 3
Tabla 3. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el Estrato Herbáceo del Sistema Ambiental. 3

Tabla 4. Diversidad de Shannon – Wiener presente en las Especies No Maderables del Sistema Ambiental. 4
Tabla 5. Diversidad de Simpson presente en el Estrato Arbóreo del Sistema Ambiental. 4
Tabla 6. Diversidad de Simpson presente en el Estrato Arbustivo del Sistema Ambiental. 5
Tabla 7. Diversidad de Simpson presente en el Estrato Herbáceo del Sistema Ambiental. 5
Tabla 8. Diversidad de Simpson presente en las Especies No Maderables del Sistema Ambiental. 5
Tabla 9. Diversidad de Margalef presente en el Estrato Arbóreo del Sistema Ambiental. 6
Tabla 10. Diversidad de Margalef presente en el Estrato Arbustivo del Sistema Ambiental. 6
Tabla 11. Diversidad de Margalef presente en el Estrato Herbáceo del Sistema Ambiental. 7
Tabla 12. Diversidad de Margalef presente en las Especies No Maderables del Sistema Ambiental. 7
Tabla 13. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el Estrato Arbóreo del Área de CUSTF. 8
Tabla 14. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el Estrato Arbustivo del Área de CUSTF. 9
Tabla 15. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el Estrato Herbáceo del Área de CUSTF. 9
Tabla 16. Diversidad de Simpson presente en el Estrato Arbóreo del Área de CUSTF. 10
Tabla 17. Diversidad de Simpson presente en el Estrato Arbustivo del Área de CUSTF. 10
Tabla 18. Diversidad de Simpson presente en el Estrato Herbáceo del Área de CUSTF. 11
Tabla 19. Diversidad de Margalef presente en el Estrato Arbóreo del Área de CUSTF. 11
Tabla 20. Diversidad de Margalef presente en el Estrato Arbustivo del Área de CUSTF. 12
Tabla 21. Diversidad de Margalef presente en el Estrato Herbáceo del Área de CUSTF. 12
Tabla 22. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el grupo de los Anfibios del Sistema Ambiental. 13
Tabla 23. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el grupo de los Reptiles del Sistema Ambiental. 14
Tabla 24. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el grupo de las Aves del Sistema Ambiental. 15
Tabla 25. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el grupo de los Mamíferos del Sistema Ambiental. 15
Tabla 26. Diversidad de Simpson presente en el grupo de los Anfibios del Sistema Ambiental. 16

Tabla 27. Diversidad de Simpson presente en el grupo de los Reptiles del Sistema Ambiental. 16
Tabla 28. Diversidad de Simpson presente en el grupo de las Aves del Sistema Ambiental. 17
Tabla 29. Diversidad de Simpson presente en el grupo de los Mamíferos del Sistema Ambiental. 18
Tabla 30. Diversidad de Margalef presente en el grupo de los Anfibios del Sistema Ambiental. 18
Tabla 31. Diversidad de Margalef presente en el grupo de los Reptiles del Sistema Ambiental. 19
Tabla 32. Diversidad de Margalef presente en el grupo de las Aves del Sistema Ambiental. 19
Tabla 33. Diversidad de Margalef presente en el grupo de los Mamíferos del Sistema Ambiental. 19
Tabla 34. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el grupo de los Reptiles del Área de CUSTF. 21
Tabla 35. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el grupo de las Aves del Área de CUSTF. 21
Tabla 36. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el grupo de los Mamíferos del Área de CUSTF. 22
Tabla 37. Diversidad de Simpson presente en el grupo de los Reptiles del Área de CUSTF. 22
Tabla 38. Diversidad de Simpson presente en el grupo de las Aves del Área de CUSTF. 23
Tabla 39. Diversidad de Simpson presente en el grupo de los Mamíferos del Área de CUSTF. 23
Tabla 40. Diversidad de Margalef presente en el grupo de los Reptiles del Área de CUSTF. 24
Tabla 41. Diversidad de Margalef presente en el grupo de las Aves del Área de CUSTF. 24
Tabla 42. Diversidad de Margalef presente en el grupo de los Mamíferos del Área de CUSTF. 24
Tabla 43. Comparativa del Estrato Arbóreo SA vs CUSTF. 26
Tabla 44. Comparativa del Estrato Arbustivo SA vs CUSTF. 27
Tabla 45. Comparativa del Estrato Herbáceo SA vs CUSTF. 28
Tabla 46. Comparativa entre el Sistema Ambiental y el Área de CUSTF de las Especies No Maderables. 28
Tabla 47. Valores del Índice de Shannon – Wiener e Índice de Pielou entre el SA y el Área de CUSTF por Estrato. 29
Tabla 48. Valores del Índice de Simpson entre el SA y el Área de CUSTF por Estrato. 29
Tabla 49. Valores del Índice de Margalef entre el SA y el Área de CUSTF por Estrato. 30

Tabla 50. Cálculo del Índice de Sorensen por Estrato. 32
Tabla 51. Comparativa de la Clase Anfibios entre el SA y el Área de CUSTF. 33
Tabla 52. Comparativa de la Clase Reptiles entre el SA y el Área de CUSTF. 34
Tabla 53. Comparativa de la Clase Aves entre el SA y el Área de CUSTF. 35
Tabla 54. Comparativa de la Clase Mamíferos entre el SA y el Área de CUSTF. 36
Tabla 55. Valores del Índice de Shannon – Wiener e Índice de Pielou entre el SA y el Área de CUSTF por Clase. 36
Tabla 56. Valores del Índice de Simpson entre el SA y el Área de CUSTF por Clase. 37
Tabla 57. Valores del Índice de Margalef entre el SA y el Área de CUSTF por Clase. 38
Tabla 58. Cálculo del Índice de Sorensen por Clase Faunística. 39
Tabla 59. Tabla comparativa de Riqueza y diversidad entre el Sistema Ambiental y el Área de CUSTF – Flora. 41
Tabla 60. Tabla comparativa de Riqueza y diversidad entre el Sistema Ambiental y el Área de CUSTF – Fauna. 42

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Comparativa de la Riqueza de especies entre el SA y el Área de CUSTF – Flora. 25
Gráfico 2. Comparativa entre el SA y el Área de CUSTF mediante el Índice de Shannon – Wiener por Estrato. 29
Gráfico 3. Comparativa entre el SA y el Área de CUSTF mediante el Índice de Simpson por Estrato. 30
Gráfico 4. Comparativa entre el SA y el Área de CUSTF mediante el Índice de Margalef por Estrato. 31
Gráfico 5. Comparativa entre el SA y el CUSTF de la Riqueza de Especies por Familia – Fauna. 33
Gráfico 6. Comparativa entre el SA y el Área de CUSTF mediante el Índice de Shannon – Wiener por Clase Faunística. 37
Gráfico 7. Comparativa entre el SA y el Área de CUSTF mediante el Índice de Simpson por Clase Faunística. 37
Gráfico 8. Comparativa entre el SA y el Área de CUSTF mediante el Índice de Margalef por Clase Faunística. 38

CAPÍTULO 8. ANÁLISIS QUE DEMUESTREN QUE LA BIODIVERSIDAD DE LOS ECOSISTEMAS QUE SE VERÁN AFECTADOS POR EL CAMBIO DE USO DE SUELO SE MANTENGA.

8.1. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD DE LA VEGETACIÓN.

8.1.1. SISTEMA AMBIENTAL.

8.1.1.1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD.

8.1.1.1.1. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON – WIENER E ÍNDICE DE PIELOU.

El estudio de la diversidad es un tema central en ecología de comunidades y de ecosistemas (Magurran, 1988). El Índice de Shannon es uno de los más comúnmente usados en ecología (Greig-Smith, 1983). El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Esto es, si una comunidad de S especies es muy homogénea, por ejemplo, porque existe una especie claramente dominante y las restantes S-1 especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las S especies fueran igualmente abundantes. O sea, al tomar al azar un individuo, en el primer caso tendremos un grado de certeza mayor (menos incertidumbre, producto de una menor entropía) que en el segundo; porque mientras en el primer caso la probabilidad de que pertenezca a la especie dominante será cercana a 1, mayor que para cualquier otra especie, en el segundo la probabilidad será la misma para cualquier especie (Pla Laura, 2006).

Como se menciona este índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo natural de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

$$H' = -\sum pi \ln pi$$

Dónde:

- H': Índice de Shannon-Wiener
- Pi: Número de individuos de una especie
- ∑pi: Sumatoria del número de individuos de todas las especies

Ahora bien, para complementar el índice es preciso determinar la equidad o Índice de Pielou, en cada comunidad, parámetro que mide la proporción de la diversidad observada con

relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

La expresión para su determinación es:

$$E = \frac{H}{H_{\max}}$$

Dónde:

- H'= Índice obtenido
- H'max = ln (S).

Margalef (1972) refiere que el índice de Shannon-Wiener, normalmente, varía de 1 a 5, e interpreta los valores de la siguiente manera:

- Valores menores de 2 = diversidad **baja**,
- Valores de 2 a 3.5 = diversidad **media**,
- Valores superiores a 3.5 = diversidad **alta**.

Estrato Arbóreo.

El estrato arbóreo del Sistema Ambiental, al presentar 46 individuos de tres especies diferentes, el cálculo del Índice de Shannon – Wiener fue de **H = 0.9406** con una **H_{max} = 1.0986**, lo que se interpreta como una **Baja diversidad**. El Índice de Pielou obtenido fue de **E = 0.8561**, lo que indica que la distribución entre los individuos (46) y las especies (3) presentan una Equidad alta, donde las abundancias son muy similares entre sí.

Familia	Especie	Nombre común	i	Pi	LN(Pi)	PiXLN(pi)
Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cancerina	28	0.6087	-0.4964	-0.3022
Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Huizache	9	0.1957	-1.6314	-0.3192
Salicaceae	*Casearia corymbosa*	Cafecito	9	0.1957	-1.6314	-0.3192
Total			**46**	**Diversidad**		**0.9406**
H'MAX = LN(S)			**EQUITATIVIDAD = H' / H'$_{MAX}$**			
1.0986			**0.8561**			

Tabla 1. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el Estrato Arbóreo del Sistema Ambiental.

Estrato Arbustivo.

En el estrato arbustivo, se registraron 287 individuos, distribuidos entre 7 especies, lo que arrojo que el cálculo del Índice de Shannon – Wiener obtenido fuera de **H = 1.5455** con una **H_{max} = 1.9459**, lo que se interpreta como una **Baja diversidad.** El Índice de Pielou obtenido fue de **E = 0.7942**, lo que indica que la distribución entre los individuos (287) y las especies (7) presentaran una Equidad alta, pero donde existe una ligera dominancia de algunas especies.

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Pi	LN(Pi)	PiXLN(pi)
Cordiaceae	*Varronia curassavica*	Sangre de toro	42	0.1463	-1.9218	-0.2812
Euphorbiaceae	*Euphorbia hyssopifolia*	Hierba de la golondrina	5	0.0174	-4.0500	-0.0706

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Pi	LN(Pi)	PiXLN(pi)
Fabaceae	*Vachellia collinsii*	Ixcanal	24	0.0836	-2.4814	-0.2075
Loasaceae	*Mentzelia aspera*	Pegaropa	8	0.0279	-3.5800	-0.0998
Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva	133	0.4634	-0.7691	-0.3564
Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negrito	42	0.1463	-1.9218	-0.2812
Verbenaceae	*Phyla nodiflora*	Bella alfombra	33	0.1150	-2.1630	-0.2487
Total			**287**	**Diversidad**		**1.5455**
H'MAX = LN(S)			**EQUITATIVIDAD = H' / H'$_{MAX}$**			
1.9459			**0.7942**			

Tabla 2. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el Estrato Arbustivo del Sistema Ambiental.

Estrato Herbáceo.

El estrato herbáceo es el que presenta una mayor riqueza con 3,891 individuos y 15 especies, donde el Índice de Shannon – Wiener obtenido fue de **H = 2.2805** con una **H_{max} = 2.7081**, lo que se interpreta como una **diversidad Media.** El Índice de Pielou obtenido fue de **E = 0.8421**, lo que indica que la distribución entre los individuos (3,890) y las especies (15) presentaran una Equidad alta, con una distribución bastante uniforme entre las especies.

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Pi	LN(Pi)	PiXLN(pi)
Amaranthaceae	*Gomphrena decumbens*	Cabezona	468	0.1203	-2.1180	-0.2547
Asteraceae	*Pectis multiflosculosa*	Limoncillo costero	140	0.0360	-3.3248	-0.1196
Convolvulaceae	*Distimake cissoides*	Trompetilla	67	0.0172	-4.0617	-0.0699
Convolvulaceae	*Ipomoea pes-caprae*	Riñonina	26	0.0067	-5.0083	-0.0335
Cyperaceae	*Cyperus polystachyos*	Pata de gallo	17	0.0044	-5.4332	-0.0237
Euphorbiaceae	*Acalypha monostachya*	Hierba del cancer	69	0.0177	-4.0323	-0.0715
Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	260	0.0668	-2.7057	-0.1808
Fabaceae	*Indigofera hirsuta*	Añil velloso	229	0.0589	-2.8327	-0.1667
Fabaceae	*Tephrosia cinerea*	Barbasco medicinal	657	0.1689	-1.7787	-0.3003
Malvaceae	*Herissantia crispa*	Hierba del campo	44	0.0113	-4.4822	-0.0507
Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá	226	0.0581	-2.8459	-0.1653
Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo	425	0.1092	-2.2143	-0.2419
Poaceae	*Jouvea pilosa*	Pasto salado	330	0.0848	-2.4673	-0.2093
Poaceae	*Sporobolus virginicus*	Pasto	883	0.2269	-1.4831	-0.3366
Poaceae	*Uniola pittieri*	Arroz de costa	50	0.0129	-4.3544	-0.0560
Total			**3,891**	**Diversidad**		**2.2805**
H'MAX = LN(S)			**EQUITATIVIDAD = H' / H'$_{MAX}$**			
2.7081			**0.8421**			

Tabla 3. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el Estrato Herbáceo del Sistema Ambiental.

Especies No Maderables.

De las especies no maderables, solo se detectaron 29 individuos de la Cruceta (*Acanthocereus tetragonus*) lo que establece que, para este grupo, la diversidad sea **H = 0.0000**.

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Pi	LN(Pi)	PiXLN(pi)
Cactaceae	*Acanthocereus tetragonus*	Cruceta	29	1	0.0000	0.0000
Total			**29**	**Diversidad**		**0.0000**

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Pi	LN(Pi)	PiXLN(pi)
H'MAX = LN(S)			EQUITATIVIDAD = H' / H'_{MAX}			
0.0000			0.0000			

Tabla 4. Diversidad de Shannon – Wiener presente en las Especies No Maderables del Sistema Ambiental.

8.1.1.1.2. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON.

El índice de diversidad de Simpson (S), que estima si una comunidad determinada está compuesta por especies muy abundantes, ya que suma las abundancias de cada una al cuadrado y así, les da importancia a los taxones con alto valor. Este índice propuesto por Simpson (1949) es uno de los más utilizados por los investigadores.

Para calcular el índice de forma apropiada se utiliza la siguiente fórmula:

$$S=1-[\Sigma\,(\frac{n}{N})^{2}]$$

Donde:

- S = Índice de Simpson.
- n = número de individuos en la iésima especie.
- N = número total de individuos.

Los posibles valores de S son significativos:

- El valor de S puede situarse entre 0 y 1.
- Los valores cercanos a 1 indican altos niveles de biodiversidad.
- Valores cercanos a 0 indican bajos niveles de biodiversidad.

Estrato Arbóreo.

El estrato arbóreo obtuvo un valor del Índice de Simpson de **S = 0.5529**, lo que se interpretar como una **diversidad Media**.

Familia	Especie	Nombre común	i	Pi	PiXPi
Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cancerina	28	0.6087	0.3705
Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Huizache	9	0.1957	0.0383
Salicaceae	*Casearia corymbosa*	Cafecito	9	0.1957	0.0383
Total			**46**		**0.4471**
Diversidad					**0.5529**

Tabla 5. Diversidad de Simpson presente en el Estrato Arbóreo del Sistema Ambiental.

Estrato Arbustivo.

El estrato arbustivo obtuvo un valor del Índice de Simpson de **S = 0.7211**, lo que se interpretar como una **diversidad de Moderada a Alta**.

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Pi	PiXPi
Cordiaceae	*Varronia curassavica*	Sangre de toro	42	0.1463	0.0214

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Pi	PiXPi
Euphorbiaceae	*Euphorbia hyssopifolia*	Hierba de la golondrina	5	0.0174	0.0003
Fabaceae	*Vachellia collinsii*	Ixcanal	24	0.0836	0.0070
Loasaceae	*Mentzelia aspera*	Pegaropa	8	0.0279	0.0008
Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva	133	0.4634	0.2148
Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negrito	42	0.1463	0.0214
Verbenaceae	*Phyla nodiflora*	Bella alfombra	33	0.1150	0.0132
Total			**287**		**0.2789**
Diversidad					**0.7211**

Tabla 6. Diversidad de Simpson presente en el Estrato Arbustivo del Sistema Ambiental.

Estrato Herbáceo.

El estrato herbáceo, fue el grupo que presento la mayor diversidad de la flora del Sistema Ambiental, al obtener un vloar del Índice de Simpson de **S = 0.8728**, lo que se interpretar como una **diversidad Alta**.

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Pi	PiXPi
Amaranthaceae	*Gomphrena decumbens*	Cabezona	468	0.1203	0.0145
Asteraceae	*Pectis multiflosculosa*	Limoncillo costero	140	0.0360	0.0013
Convolvulaceae	*Distimake cissoides*	Trompetilla	67	0.0172	0.0003
Convolvulaceae	*Ipomoea pes-caprae*	Riñonina	26	0.0067	0.0000
Cyperaceae	*Cyperus polystachyos*	Pata de gallo	17	0.0044	0.0000
Euphorbiaceae	*Acalypha monostachya*	Hierba del cancer	69	0.0177	0.0003
Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	260	0.0668	0.0045
Fabaceae	*Indigofera hirsuta*	Añil velloso	229	0.0589	0.0035
Fabaceae	*Tephrosia cinerea*	Barbasco medicinal	657	0.1689	0.0285
Malvaceae	*Herissantia crispa*	Hierba del campo	44	0.0113	0.0001
Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá	226	0.0581	0.0034
Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo	425	0.1092	0.0119
Poaceae	*Jouvea pilosa*	Pasto salado	330	0.0848	0.0072
Poaceae	*Sporobolus virginicus*	Pasto	883	0.2269	0.0515
Poaceae	*Uniola pittieri*	Arroz de costa	50	0.0129	0.0002
Total			**3891**		**0.1272**
Diversidad					**0.8728**

Tabla 7. Diversidad de Simpson presente en el Estrato Herbáceo del Sistema Ambiental.

Especies No Maderables.

De las especies no maderables, solo se detectaron 29 individuos de la Cruceta (*Acanthocereus tetragonus*) lo que establece que, para este grupo, la diversidad de Simpson sea **S = 0.0000.**

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia	Pi	PiXPi
Cactaceae	*Acanthocereus tetragonus*	Cruceta	29	1.0000	1.0000
Total			**29**		**0.0000**
Diversidad					**0.0000**

Tabla 8. Diversidad de Simpson presente en las Especies No Maderables del Sistema Ambiental.

8.1.1.1.3. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE MARGALEF.

El índice de Margalef es una forma sencilla de medir la biodiversidad ya que proporciona datos de riqueza de especies de la vegetación. Mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra (Margalef, 1969). La ecuación para su cálculo es la siguiente:

$$D_{mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Donde

- S = número de especies
- N = número total de individuos

La interpretación de los valores que el índice de Margalef puede arrojar son:

- Valores < 2.0: Baja riqueza de especies.
- Valores 2.0-3.0: Riqueza moderada de especies.
- Valores > 3.0: Alta riqueza de especies.
- Valores > 5,0: Riqueza de especies excepcionalmente alta.

Estrato Arbóreo.

El estrato arbóreo obtuvo un valor del Índice de Margalef de **D_{mg} = 0.5224**, interpretando una Baja riqueza de especies.

Especies	Individuos
3	46
S-1	LN (ind)
2	3.82864
Diversidad	**0.5224**

Tabla 9. Diversidad de Margalef presente en el Estrato Arbóreo del Sistema Ambiental.

Estrato Arbustivo.

El estrato arbustivo obtuvo un valor del Índice de Margalef de **D_{mg} = 1.0602**, interpretando una Baja riqueza de especies.

Especies	Individuos
7	287
S-1	LN (ind)
6	5.65948
Diversidad	**1.0602**

Tabla 10. Diversidad de Margalef presente en el Estrato Arbustivo del Sistema Ambiental.

Estrato Herbáceo.

El estrato herbáceo, a pesar de presentar la mayor riqueza de especies obtuvo un valor del Índice de Margalef de **D_{mg} = 1.6936**, interpretando una Baja riqueza de especies.

Especies	Individuos
15	3,891
S-1	LN (ind)
14	8.26642
Diversidad	**1.6936**

Tabla 11. Diversidad de Margalef presente en el Estrato Herbáceo del Sistema Ambiental.

Especies No Maderables.

De las especies no maderables, solo se detectaron 29 individuos de la Cruceta (*Acanthocereus tetragonus*), lo que arroja un valor del Índice de Margalef de **D_{mg} = 0.0000**.

Especies	Individuos
1	29
S-1	LN (ind)
0	3.36730
Diversidad	**0.0000**

Tabla 12. Diversidad de Margalef presente en las Especies No Maderables del Sistema Ambiental.

8.1.2. ÁREA DE CUSTF.

8.1.2.1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD.

8.1.2.1.1. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON – WIENER E ÍNDICE DE PIELOU.

El estudio de la diversidad es un tema central en ecología de comunidades y de ecosistemas (Magurran, 1988). El Índice de Shannon es uno de los más comúnmente usados en ecología (Greig-Smith, 1983). El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Esto es, si una comunidad de S especies es muy homogénea, por ejemplo, porque existe una especie claramente dominante y las restantes S-1 especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las S especies fueran igualmente abundantes. O sea, al tomar al azar un individuo, en el primer caso tendremos un grado de certeza mayor (menos incertidumbre, producto de una menor entropía) que en el segundo; porque mientras en el primer caso la probabilidad de que pertenezca a la especie dominante será cercana a 1, mayor que para cualquier otra especie, en el segundo la probabilidad será la misma para cualquier especie (Pla Laura, 2006).

Como se menciona este índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando

hay una sola especie, y el logaritmo natural de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

$$H' = -\sum pi \ln pi$$

Dónde:

- H': Índice de Shannon-Wiener
- Pi: Número de individuos de una especie
- ∑pi: Sumatoria del número de individuos de todas las especies

Ahora bien, para complementar el índice es preciso determinar la equidad o Índice de Pielou, en cada comunidad, parámetro que mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

La expresión para su determinación es:

$$E = \frac{H}{H_{\max}}$$

Dónde:

- H'= Índice obtenido
- H'max = ln (S).

Margalef (1972) refiere que el índice de Shannon-Wiener, normalmente, varía de 1 a 5, e interpreta los valores de la siguiente manera:

- Valores menores de 2 = diversidad **baja**,
- Valores de 2 a 3.5 = diversidad **media**,
- Valores superiores a 3.5 = diversidad **alta**.

Estrato Arbóreo.

El estrato arbóreo del Área de CUSTF, al presentar solo dos individuos en el mismo número de especie, obtuvo una **diversidad Baja**, mediante el Índice de diversidad de Shannon – Wiener de **H'= 0.6931** y una **H'_{max} = 0.6931**. El Índice de Pielou obtenido fue de 1.0000, dado que son dos individuos en igual número de especies.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	LN(pi)	piXLN(pi)
Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cancerina	1	0.5000	-0.6931	-0.3466
Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Huizache	1	0.5000	-0.6931	-0.3466
Total			**2**	**Diversidad**		**0.6931**
H'_{MAX} = LN(S)			**EQUITATIVIDAD = H' / H'_{MAX}**			
0.6931			1.0000			

Tabla 13. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el Estrato Arbóreo del Área de CUSTF.

Estrato Arbustivo.

El estrato arbustivo del Área de CUSTF, registro un total de 66 individuos, de dos especies diferentes, dada la dominancia de una especie, con el 78.79% del total de individuos, arrojo que la diversidad del grupo se catalogue como **diversidad Baja**, obteniendo un valor de **H'= 0.5168**, una **H'_{max} = 0.6931** y un Índice de Pielou **E = 0.7455**, lo que refleja la dominancia de la Malva (*Waltheria indica*).

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	LN(pi)	piXLN(pi)
Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva	52	0.7879	-0.2384	-0.1878
Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negrito	14	0.2121	-1.5506	-0.3289
Total			**66**	**Diversidad**		**0.5168**
H'_{MAX} = LN(S)			**EQUITATIVIDAD = H' / H'_{MAX}**			
0.6931			**0.7455**			

Tabla 14. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el Estrato Arbustivo del Área de CUSTF.

Estrato Herbáceo.

En el estrato herbáceo, se registraron 1,169 individuos, de 10 especies diferentes, lo cual arrojo que se obtuviera un Índice de Diversidad de Shannon – Wiener de **H' = 1.9262**, una **diversidad Baja**, el valor de la diversidad máxima fue de **H'_{max} = 2.3026**. La equitatividad que se obtuvo fue de **E = 0.8365**, lo que indica una Equidad muy alta, donde la distribución es casi equitativa.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	LN(pi)	piXLN(pi)
Amaranthaceae	*Gomphrena decumbens*	Cabezona	109	0.0932	-2.3726	-0.2212
Euphorbiaceae	*Acalypha monostachya*	Hierba del cancer	16	0.0137	-4.2913	-0.0587
Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	62	0.0530	-2.9368	-0.1558
Fabaceae	*Indigofera hirsuta*	Añil velloso	53	0.0453	-3.0936	-0.1403
Fabaceae	*Tephrosia cinerea*	Barbasco medicinal	185	0.1583	-1.8435	-0.2918
Malvaceae	*Herissantia crispa*	Hierba del campo	4	0.0034	-5.6776	-0.0194
Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá	80	0.0684	-2.6819	-0.1835
Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo	148	0.1266	-2.0667	-0.2617
Poaceae	*Jouvea pilosa*	Pasto salado	114	0.0975	-2.3277	-0.2270
Poaceae	*Sporobolus virginicus*	Pasto	398	0.3405	-1.0775	-0.3668
Total			**1,169**	**Diversidad**		**1.9262**
H'_{MAX} = LN(S)			**EQUITATIVIDAD = H' / H'_{MAX}**			
2.3026			**0.8365**			

Tabla 15. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el Estrato Herbáceo del Área de CUSTF.

8.1.2.1.2. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON.

El índice de diversidad de Simpson (S), que estima si una comunidad determinada está compuesta por especies muy abundantes, ya que suma las abundancias de cada una al cuadrado y así, les da importancia a los taxones con alto valor. Este índice propuesto por Simpson (1949) es uno de los más utilizados por los investigadores.

Para calcular el índice de forma apropiada se utiliza la siguiente fórmula:

$$S=1-[\Sigma\left(\frac{n}{N}\right)^{2}]$$

Donde:

- S = Índice de Simpson.
- n = número de individuos en la iésima especie.
- N = número total de individuos.

Los posibles valores de S son significativos:

- El valor de S puede situarse entre 0 y 1.
- Los valores cercanos a 1 indican altos niveles de biodiversidad.
- Valores cercanos a 0 indican bajos niveles de biodiversidad.

Estrato Arbóreo.

Como se mencionó anteriormente, en el estrato arbóreo se registraron dos individuos y dos especies, por lo tanto, la diversidad de Simpson obtenida fue de **S = 0.5000**, que se interpreta como una **diversidad Media**.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	piXpi
Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cancerina	1	0.5000	0.2500
Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Huizache	1	0.5000	0.2500
Total			**2**		**0.5000**
Diversidad					**0.5000**

Tabla 16. Diversidad de Simpson presente en el Estrato Arbóreo del Área de CUSTF.

Estrato Arbustivo.

Dada la dominancia en la abundancia por parte de la Malva (*Waltheria indica*), el Índice de Diversidad de Simpson fue de **S = 0.3343**, valor que se considera como **Baja diversidad**.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	piXpi
Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva	52	0.7879	0.6208
Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negrito	14	0.2121	0.0450
Total			**66**		**0.6657**
Diversidad					**0.3343**

Tabla 17. Diversidad de Simpson presente en el Estrato Arbustivo del Área de CUSTF.

Estrato Herbáceo.

En el estrato herbáceo al presentar una mejor distribución del número de individuos totales entre todas las especies, se obtuvo un valor del Índice de Simpson de **S = 0.8151**, lo que se interpreta como una **Alta diversidad**.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	piXpi
Amaranthaceae	*Gomphrena decumbens*	Cabezona	109	0.0932	0.0087
Euphorbiaceae	*Acalypha monostachya*	Hierba del cancer	16	0.0137	0.0002
Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	62	0.0530	0.0028

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	piXpi
Fabaceae	*Indigofera hirsuta*	Añil velloso	53	0.0453	0.0021
Fabaceae	*Tephrosia cinerea*	Barbasco medicinal	185	0.1583	0.0250
Malvaceae	*Herissantia crispa*	Hierba del campo	4	0.0034	0.0000
Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá	80	0.0684	0.0047
Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo	148	0.1266	0.0160
Poaceae	*Jouvea pilosa*	Pasto salado	114	0.0975	0.0095
Poaceae	*Sporobolus virginicus*	Pasto	398	0.3405	0.1159
Total			**1,169**		**0.1849**
Diversidad					**0.8151**

Tabla 18. Diversidad de Simpson presente en el Estrato Herbáceo del Área de CUSTF.

8.1.2.1.3. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE MARGALEF.

El índice de Margalef es una forma sencilla de medir la biodiversidad ya que proporciona datos de riqueza de especies de la vegetación. Mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra (Margalef, 1969). La ecuación para su cálculo es la siguiente:

$$D_{mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Donde

- S = número de especies
- N = número total de individuos

La interpretación de los valores que el índice de Margalef puede arrojar son:

- Valores < 2.0: Baja riqueza de especies.
- Valores 2.0-3.0: Riqueza moderada de especies.
- Valores > 3.0: Alta riqueza de especies.
- Valores > 5,0: Riqueza de especies excepcionalmente alta.

Estrato Arbóreo.

Al igual que con los índices anteriores, con el Índice de Margalef, el estrato arbustivo obtuvo un valor de **D_{mg} = 1.4427**, catalogado como una **Baja riqueza de especies**.

Especies	2
Individuos	2
s-1	1
ln(ind)	0.6931
Margalef	**1.4427**

Tabla 19. Diversidad de Margalef presente en el Estrato Arbóreo del Área de CUSTF.

Estrato Arbustivo.

Al igual que con los índices anteriores, con el Índice de Margalef, el estrato arbustivo obtuvo un valor de **D_{mg} = 0.2387**, catalogado como una **Baja riqueza de especies**.

Especies	2
Individuos	66
s-1	1
ln(ind)	4.1897
Margalef	**0.2387**

Tabla 20. Diversidad de Margalef presente en el Estrato Arbustivo del Área de CUSTF.

Estrato Herbáceo.

El estrato herbáceo, presento un valor del el Índice de Margalef de D_{mg} = **1.2741**, interpretándose como una **Baja riqueza de especies**.

Especies	10
Individuos	1,169
s-1	9
ln(ind)	7.0639
Margalef	**1.2741**

Tabla 21. Diversidad de Margalef presente en el Estrato Herbáceo del Área de CUSTF.

8.2. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD DE LA FAUNA SILVESTRE.

8.2.1. SISTEMA AMBIENTAL.

8.2.1.1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD.

8.2.1.1.1. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON – WIENER E ÍNDICE DE PIELOU.

El estudio de la diversidad es un tema central en ecología de comunidades y de ecosistemas (Magurran, 1988). El Índice de Shannon es uno de los más comúnmente usados en ecología (Greig-Smith, 1983). El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Esto es, si una comunidad de S especies es muy homogénea, por ejemplo, porque existe una especie claramente dominante y las restantes S-1 especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las S especies fueran igualmente abundantes. O sea, al tomar al azar un individuo, en el primer caso tendremos un grado de certeza mayor (menos incertidumbre, producto de una menor entropía) que en el segundo; porque mientras en el primer caso la probabilidad de que pertenezca a la especie dominante será cercana a 1, mayor que para cualquier otra especie, en el segundo la probabilidad será la misma para cualquier especie (Pla Laura, 2006).

Como se menciona este índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo natural de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

$$H' = -\sum pi \ln pi$$

Dónde:

- H': Índice de Shannon-Wiener
- Pi: Número de individuos de una especie
- ∑pi: Sumatoria del número de individuos de todas las especies

Ahora bien, para complementar el índice es preciso determinar la equidad o Índice de Pielou, en cada comunidad, parámetro que mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

La expresión para su determinación es:

$$E = \frac{H}{H_{\max}}$$

Dónde:

- H'= Índice obtenido
- H'max = ln (S).

Margalef (1972) refiere que el índice de Shannon-Wiener, normalmente, varía de 1 a 5, e interpreta los valores de la siguiente manera:

- Valores menores de 2 = diversidad **baja**,
- Valores de 2 a 3.5 = diversidad **media**,
- Valores superiores a 3.5 = diversidad **alta**.

Clase Anfibios.

Al registrarse solo 2 individuos del Sapo gigante (*Rhinella horribilis*), la diversidad mediante el Índice de Shannon – Wiener obtenido fue de H = 0.0000.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	ln(pi)	piXln(pi)
Bufonidae	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	2	1.0000	0.0000	0.0000
Total			**2**	**Diversidad**		**0.0000**
H'MAX = LN(S)			**EQUITATIVIDAD = H' / H'MAX**			
0.0000			0.0000			

Tabla 22. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el grupo de los Anfibios del Sistema Ambiental.

Clase Reptiles.

De la clase de los reptiles se obtuvo un valor de Índice de Shannon – Wiener de **H = 1.6617** y una **H_{max} = 1.9459**, lo que se interpreta como una **Baja diversidad**. Le equitatividad obtenida fue de **E = 0.8540**, lo que indica una distribución bastante uniforme con leve dominancia.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	ln(pi)	piXln(pi)
Colubridae	*Drymobius margaritiferus*	Culebra corredora de Petatillos	1	0.0323	-3.4340	-0.1108
Corytophanidae	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado	1	0.0323	-3.4340	-0.1108
Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	8	0.2581	-1.3545	-0.3496
Natricidae	*Thamnophis proximus*	Culebra acuática centroamericana	1	0.0323	-3.4340	-0.1108
Phrynosomatidae	*Sceloporus siniferus*	Lagartija espinosa de cola larga	5	0.1613	-1.8245	-0.2943
Phrynosomatidae	*Sceloporus variabilis*	Lagartija escamosa variable	7	0.2258	-1.4881	-0.3360
Teiidae	*Aspidoscelis deppii*	Huico siete líneas	8	0.2581	-1.3545	-0.3496
Total			**31**	**Diversidad**		**1.6617**
H'_{MAX} = LN(S)			**EQUITATIVIDAD = H' / H'_{MAX}**			
1.9459			0.8540			

Tabla 23. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el grupo de los Reptiles del Sistema Ambiental.

Clase Aves.

Las aves son el grupo mejor representado en el Sistema Ambiental, el Índice de Shannon – Wiener obtenido fue de **H = 3.3808**, y una **H_{max} = 3.7842**, interpretando que la clase aves del SA presenta una **diversidad Media**, cercana a la Alta. La equitatividad obtenido fue de **E = 0.8934**, siendo una equidad alta, donde las abundancias son muy similares entre especies.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	ln(pi)	piXln(pi)
Accipitridae	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla negra menor	1	0.0023	-6.0591	-0.0142
Accipitridae	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera	3	0.0070	-4.9605	-0.0348
Anatidae	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije alas blancas	7	0.0164	-4.1132	-0.0673
Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca	3	0.0070	-4.9605	-0.0348
Ardeidae	*Ardea ibis*	Garza ganadera	9	0.0210	-3.8619	-0.0812
Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras Menor	15	0.0350	-3.3511	-0.1174
Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	13	0.0304	-3.4942	-0.1061
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común	4	0.0093	-4.6728	-0.0437
Columbidae	*Columba livia*	Paloma doméstica	2	0.0047	-5.3660	-0.0251
Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	18	0.0421	-3.1688	-0.1333
Columbidae	*Columbina talpacoti*	Tortolita canela	4	0.0093	-4.6728	-0.0437
Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	29	0.0678	-2.6918	-0.1824
Cracidae	*Ortalis leucogastra*	Chachalaca vientre blanco	17	0.0397	-3.2259	-0.1281
Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	29	0.0678	-2.6918	-0.1824
Falconidae	*Caracara plancus*	Quebrantahuesos	2	0.0047	-5.3660	-0.0251
Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	1	0.0023	-6.0591	-0.0142
Fregatidae	*Fregata magnificens*	Fragata Tijereta	27	0.0631	-2.7633	-0.1743
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	11	0.0257	-3.6612	-0.0941
Hirundinidae	*Progne chalybea*	Golondrina Pecho Gris	14	0.0327	-3.4201	-0.1119
Icteridae	*Dives dives*	Tordo cantor	4	0.0093	-4.6728	-0.0437
Icteridae	*Icterus pustulatus*	Calandria Dorso Rayado	3	0.0070	-4.9605	-0.0348
Icteridae	*Icterus spurius*	Calandria Castaña	3	0.0070	-4.9605	-0.0348
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	42	0.0981	-2.3215	-0.2278
Laridae	*Thalasseus maximus*	Charrán real	16	0.0374	-3.2865	-0.1229
Mimidae	*Mimus gilvus*	Centzontle tropical	5	0.0117	-4.4497	-0.0520
Parulidae	*Geothlypis trichas*	Mascarita común	3	0.0070	-4.9605	-0.0348
Parulidae	*Setophaga dominica*	Chipe garganta amarilla	3	0.0070	-4.9605	-0.0348
Parulidae	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo	2	0.0047	-5.3660	-0.0251
Passerellidae	*Peucaea ruficauda*	Zacatonero corona rayada	12	0.0280	-3.5742	-0.1002
Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión Doméstico	27	0.0631	-2.7633	-0.1743
Pelecanidae	*Pelecanus occidentalis*	Pelícano café	22	0.0514	-2.9681	-0.1526

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	ln(pi)	piXln(pi)
Picidae	*Dryocopus lineatus*	Carpintero lineado	3	0.0070	-4.9605	-0.0348
Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	14	0.0327	-3.4201	-0.1119
Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgris	4	0.0093	-4.6728	-0.0437
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	8	0.0187	-3.9797	-0.0744
Psittacidae	*Brotogeris jugularis*	Periquito Alas Amarillas	6	0.0140	-4.2674	-0.0598
Recurvirostridae	*Himantopus mexicanus*	Monjita Americana	5	0.0117	-4.4497	-0.0520
Strigidae	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	1	0.0023	-6.0591	-0.0142
Tityridae	*Pachyramphus aglaiae*	Cabezón Degollado	1	0.0023	-6.0591	-0.0142
Turdidae	*Turdus grayi*	Mirlo Café	3	0.0070	-4.9605	-0.0348
Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico gueso	6	0.0140	-4.2674	-0.0598
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luisito común	8	0.0187	-3.9797	-0.0744
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común	4	0.0093	-4.6728	-0.0437
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano piriri	14	0.0327	-3.4201	-0.1119
Total			**428**	**Diversidad**		**3.3808**
H'_{MAX} = LN(S)			**EQUITATIVIDAD = H' / H'_{MAX}**			
3.7842			0.8934			

Tabla 24. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el grupo de las Aves del Sistema Ambiental.

Clase Mamíferos.

Los mamíferos presentaron una diversidad de Shannon – Wiener de **H = 1.7348** y una **H_{max} = 1.7918**, lo que se interpreta como una **Baja diversidad**. Mientras que la equitatividad obtenida fue de **E = 0.9682**, siendo una equidad muy alta, donde la dominancia prácticamente se es poca.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	ln(pi)	piXln(pi)
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorro gris	2	0.1429	-1.9459	-0.2780
Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache norteño	1	0.0714	-2.6391	-0.1885
Leporidae	*Sylvilagus floridanus*	Conejo serrano	3	0.2143	-1.5404	-0.3301
Phyllostomidae	*Artibeus lituratus*	Murciélago frugívoro gigante	3	0.2143	-1.5404	-0.3301
Phyllostomidae	*Uroderma convexum*	Murciélago	3	0.2143	-1.5404	-0.3301
Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla vientre rojo	2	0.1429	-1.9459	-0.2780
Total			**14**	**Diversidad**		**1.7348**
H'_{MAX} = LN(S)			**EQUITATIVIDAD = H' / H'_{MAX}**			
1.7918			0.9682			

Tabla 25. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el grupo de los Mamíferos del Sistema Ambiental.

8.2.1.1.2. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON.

El índice de diversidad de Simpson (S), que estima si una comunidad determinada está compuesta por especies muy abundantes, ya que suma las abundancias de cada una al cuadrado y así, les da importancia a los taxones con alto valor. Este índice propuesto por Simpson (1949) es uno de los más utilizados por los investigadores.

Para calcular el índice de forma apropiada se utiliza la siguiente fórmula:

$$S=1-[\Sigma\left(\frac{n}{N}\right)^{2}]$$

Donde:

- S = Índice de Simpson.
- n = número de individuos en la iésima especie.
- N = número total de individuos.

Los posibles valores de S son significativos:

- El valor de S puede situarse entre 0 y 1.
- Los valores cercanos a 1 indican altos niveles de biodiversidad.
- Valores cercanos a 0 indican bajos niveles de biodiversidad.

Clase Anfibios.

Como en los anfibios, solo se registró al Sapo gigante (*Rhinella horribilis*), la diversidad de Simpson obtenido fue de **S = 0.0000**.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	piXpi
Bufonidae	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	2	1.0000	1.0000
Total			**2**		**1.0000**
Diversidad					**0.0000**

Tabla 26. Diversidad de Simpson presente en el grupo de los Anfibios del Sistema Ambiental.

Clase Reptiles.

Los reptiles del SA presentaron un Índice de Simpson de **S = 0.7867**, lo que se puede interpretar como una **diversidad Moderada**.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	piXpi
Colubridae	*Drymobius margaritiferus*	Culebra corredora de Petatillos	1	0.0323	0.0010
Corytophanidae	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado	1	0.0323	0.0010
Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	8	0.2581	0.0666
Natricidae	*Thamnophis proximus*	Culebra acuática centroamericana	1	0.0323	0.0010
Phrynosomatidae	*Sceloporus siniferus*	Lagartija espinosa de cola larga	5	0.1613	0.0260
Phrynosomatidae	*Sceloporus variabilis*	Lagartija escamosa variable	7	0.2258	0.0510
Teiidae	*Aspidoscelis deppii*	Huico siete líneas	8	0.2581	0.0666
Total			**31**		**0.2133**
Diversidad					**0.7867**

Tabla 27. Diversidad de Simpson presente en el grupo de los Reptiles del Sistema Ambiental.

Clase Aves.

Las aves del Sistema Ambiental, son por mucho, el grupo mejor representado, puesto que, mediante el Índice de Simpson, obtuvieron un valor de **S = 0.9560**, que se interpreta como una **Muy Alta diversidad**.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	piXpi
Accipitridae	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla negra menor	1	0.0023	0.000005
Accipitridae	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera	3	0.0070	0.000049
Anatidae	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije alas blancas	7	0.0164	0.000267

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	piXpi
Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca	3	0.0070	0.000049
Ardeidae	*Ardea ibis*	Garza ganadera	9	0.0210	0.000442
Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras Menor	15	0.0350	0.001228
Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	13	0.0304	0.000923
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común	4	0.0093	0.000087
Columbidae	*Columba livia*	Paloma doméstica	2	0.0047	0.000022
Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	18	0.0421	0.001769
Columbidae	*Columbina talpacoti*	Tortolita canela	4	0.0093	0.000087
Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	29	0.0678	0.004591
Cracidae	*Ortalis leucogastra*	Chachalaca vientre blanco	17	0.0397	0.001578
Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	29	0.0678	0.004591
Falconidae	*Caracara plancus*	Quebrantahuesos	2	0.0047	0.000022
Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	1	0.0023	0.000005
Fregatidae	*Fregata magnificens*	Fragata Tijereta	27	0.0631	0.003980
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	11	0.0257	0.000661
Hirundinidae	*Progne chalybea*	Golondrina Pecho Gris	14	0.0327	0.001070
Icteridae	*Dives dives*	Tordo cantor	4	0.0093	0.000087
Icteridae	*Icterus pustulatus*	Calandria Dorso Rayado	3	0.0070	0.000049
Icteridae	*Icterus spurius*	Calandria Castaña	3	0.0070	0.000049
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	42	0.0981	0.009630
Laridae	*Thalasseus maximus*	Charrán real	16	0.0374	0.001398
Mimidae	*Mimus gilvus*	Centzontle tropical	5	0.0117	0.000136
Parulidae	*Geothlypis trichas*	Mascarita común	3	0.0070	0.000049
Parulidae	*Setophaga dominica*	Chipe garganta amarilla	3	0.0070	0.000049
Parulidae	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo	2	0.0047	0.000022
Passerellidae	*Peucaea ruficauda*	Zacatonero corona rayada	12	0.0280	0.000786
Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión Doméstico	27	0.0631	0.003980
Pelecanidae	*Pelecanus occidentalis*	Pelícano café	22	0.0514	0.002642
Picidae	*Dryocopus lineatus*	Carpintero lineado	3	0.0070	0.000049
Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	14	0.0327	0.001070
Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgris	4	0.0093	0.000087
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	8	0.0187	0.000349
Psittacidae	*Brotogeris jugularis*	Periquito Alas Amarillas	6	0.0140	0.000197
Recurvirostridae	*Himantopus mexicanus*	Monjita Americana	5	0.0117	0.000136
Strigidae	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	1	0.0023	0.000005
Tityridae	*Pachyramphus aglaiae*	Cabezón Degollado	1	0.0023	0.000005
Turdidae	*Turdus grayi*	Mirlo Café	3	0.0070	0.000049
Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico gueso	6	0.0140	0.000197
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luisito común	8	0.0187	0.000349
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común	4	0.0093	0.000087
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano piriri	14	0.0327	0.001070
Total			**428**		**0.0440**
Diversidad					**0.9560**

Tabla 28. Diversidad de Simpson presente en el grupo de las Aves del Sistema Ambiental.

Clase Mamíferos.

Los mamíferos presentaron un valor del Índice de Simpson de **S = 0.8163**, interpretándose como una **Alta diversidad**.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	piXpi
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorro gris	2	0.1429	0.0204

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	piXpi
Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache norteño	1	0.0714	0.0051
Leporidae	*Sylvilagus floridanus*	Conejo serrano	3	0.2143	0.0459
Phyllostomidae	*Artibeus lituratus*	Murciélago frugívoro gigante	3	0.2143	0.0459
Phyllostomidae	*Uroderma convexum*	Murciélago	3	0.2143	0.0459
Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla vientre rojo	2	0.1429	0.0204
Total			**14**		**0.1837**
Diversidad					**0.8163**

Tabla 29. Diversidad de Simpson presente en el grupo de los Mamíferos del Sistema Ambiental.

8.2.1.1.3. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE MARGALEF.

El índice de Margalef es una forma sencilla de medir la biodiversidad ya que proporciona datos de riqueza de especies de la vegetación. Mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra (Margalef, 1969). La ecuación para su cálculo es la siguiente:

$$D_{mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Donde

- S = número de especies
- N = número total de individuos

La interpretación de los valores que el índice de Margalef puede arrojar son:

- Valores < 2.0: Baja riqueza de especies.
- Valores 2.0-3.0: Riqueza moderada de especies.
- Valores > 3.0: Alta riqueza de especies.
- Valores > 5,0: Riqueza de especies excepcionalmente alta.

Clase Anfibios.

Derivado de que solo se registró una especie en los anfibios, el Índice de diversidad de Margalef obtenido fue de **D_{mg} = 0**.

Especies	1
Individuos	2
s-1	0
ln(ind)	0.6931
Margalef	**0.0000**

Tabla 30. Diversidad de Margalef presente en el grupo de los Anfibios del Sistema Ambiental.

Clase Reptiles.

Los reptiles, obtuvieron una **Baja riqueza de especies**, derivado de haber obtenido por el Índice de Margalef un valor de **D_{mg} = 1.7472.**

Especies	7
Individuos	31
s-1	6
ln(ind)	3.4340
Margalef	**1.7472**

Tabla 31. Diversidad de Margalef presente en el grupo de los Reptiles del Sistema Ambiental.

Clase Aves.

Como se observó en los Índices de diversidad previos, la clase de las aves, es el grupo mejor representado del SA, mediante el Índice de Margalef obtuvieron un valor de **D_{mg} = 7.0967**, que se cataloga como **Riqueza de especies excepcionalmente alta**.

Especies	44
Individuos	428
s-1	43
ln(ind)	6.0591
Margalef	**7.0967**

Tabla 32. Diversidad de Margalef presente en el grupo de las Aves del Sistema Ambiental.

Clase Mamíferos.

Al igual que para los reptiles, la clase de los mamíferos, obtuvieron una **Baja riqueza de especies**, derivado de haber obtenido por el Índice de Margalef un valor de **D_{mg} = 1.8946.**

Especies	6
Individuos	14
s-1	5
ln(ind)	2.6391
Margalef	**1.8946**

Tabla 33. Diversidad de Margalef presente en el grupo de los Mamíferos del Sistema Ambiental.

8.2.2. ÁREA DE CUSTF.

8.2.2.1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD.

8.2.2.1.1. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON – WIENER E ÍNDICE DE PIELOU.

El estudio de la diversidad es un tema central en ecología de comunidades y de ecosistemas (Magurran, 1988). El Índice de Shannon es uno de los más comúnmente usados en ecología (Greig-Smith, 1983). El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Esto es, si una comunidad de S especies es muy homogénea, por ejemplo, porque existe una especie claramente dominante y las restantes S-1 especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las S especies fueran igualmente abundantes. O sea, al tomar al azar un individuo, en el primer caso tendremos un grado de certeza mayor (menos incertidumbre, producto de una menor entropía) que en el

segundo; porque mientras en el primer caso la probabilidad de que pertenezca a la especie dominante será cercana a 1, mayor que para cualquier otra especie, en el segundo la probabilidad será la misma para cualquier especie (Pla Laura, 2006).

Como se menciona este índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo natural de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

$$H' = -\sum pi \ln pi$$

Dónde:

- H': Índice de Shannon-Wiener
- Pi: Número de individuos de una especie
- ∑pi: Sumatoria del número de individuos de todas las especies

Ahora bien, para complementar el índice es preciso determinar la equidad o Índice de Pielou, en cada comunidad, parámetro que mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

La expresión para su determinación es:

$$E = \frac{H}{H_{\max}}$$

Dónde:

- H'= Índice obtenido
- H'max = ln (S).

Margalef (1972) refiere que el índice de Shannon-Wiener, normalmente, varía de 1 a 5, e interpreta los valores de la siguiente manera:

- Valores menores de 2 = diversidad **baja**,
- Valores de 2 a 3.5 = diversidad **media**,
- Valores superiores a 3.5 = diversidad **alta**.

Clase Reptiles.

Dado que se registraron solo tres especies con un individuo cada una de los reptiles, la diversidad presente mediante el Índice de Shannon – Wiener fue de **H' = 1.2149** y una **H'_{max} = 1.3863**, lo que se interpreta como una **Baja diversidad**. Le equitatividad obtenida fue de **E =**

0.8764, lo que indica que la equidad presente es alta, donde los individuos presentan una distribución equitativa con las especies.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	ln(pi)	piXln(pi)
Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	1	0.1111	-2.1972	-0.2441
Phrynosomatidae	*Sceloporus siniferus*	Lagartija espinosa de cola larga	4	0.4444	-0.8109	-0.3604
Phrynosomatidae	*Sceloporus variabilis*	Lagartija escamosa variable	3	0.3333	-1.0986	-0.3662
Teiidae	*Aspidoscelis deppii*	Huico siete líneas	1	0.1111	-2.1972	-0.2441
Total			**9**	**Diversidad**		**1.2149**
H'_{MAX} = LN(S)			**EQUITATIVIDAD = H' / H'_{MAX}**			
1.3863			**0.8764**			

Tabla 34. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el grupo de los Reptiles del Área de CUSTF.

Clase Aves.

Las aves son el grupo mejor representado del Área de CUSTF, el Índice de Shannon – Wiener obtenido fue de **H' = 2.4289**, y una **H'_{max} = 2.5649**, interpretando que la clase aves presenta una **diversidad Media**. La equitatividad obtenido fue de **E = 0.9469**, donde la distribución es casi perfectamente equitativa.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	ln(pi)	piXln(pi)
Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca	2	0.0526	-2.9444	-0.1550
Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras Menor	2	0.0526	-2.9444	-0.1550
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común	2	0.0526	-2.9444	-0.1550
Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	4	0.1053	-2.2513	-0.2370
Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	8	0.2105	-1.5581	-0.3280
Fregatidae	*Fregata magnificens*	Fragata Tijereta	3	0.0789	-2.5390	-0.2004
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	3	0.0789	-2.5390	-0.2004
Hirundinidae	*Progne chalybea*	Golondrina Pecho Gris	4	0.1053	-2.2513	-0.2370
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	2	0.0526	-2.9444	-0.1550
Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	1	0.0263	-3.6376	-0.0957
Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	3	0.0789	-2.5390	-0.2004
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luisito común	2	0.0526	-2.9444	-0.1550
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano piriri	2	0.0526	-2.9444	-0.1550
Total			**38**	**Diversidad**		**2.4289**
H'_{MAX} = LN(S)			**EQUITATIVIDAD = H' / H'_{MAX}**			
2.5649			**0.9469**			

Tabla 35. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el grupo de las Aves del Área de CUSTF.

Clase Mamíferos.

Los mamíferos presentaron las mismas condiciones que los reptiles, solo que, en este grupo, solo fueron dos especies con un individuo cada una, por lo que obtuvieron una diversidad de Shannon – Wiener de **H = 1.5498** y una **H_{max} = 1.6094**, lo que se interpreta como una **Baja diversidad**. Mientras que la equitatividad obtenida fue de **E = 0.9630**, donde la distribución es perfectamente equitativa, siendo el Índice de Pielou más alto entre las clases faunísticas del Área de CUSTF.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	ln(pi)	piXln(pi)
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorro gris	1	0.1429	-1.9459	-0.2780
Leporidae	*Sylvilagus floridanus*	Conejo serrano	1	0.1429	-1.9459	-0.2780
Phyllostomidae	*Artibeus lituratus*	Murciélago frugívoro gigante	2	0.2857	-1.2528	-0.3579
Phyllostomidae	*Uroderma convexum*	Murciélago	2	0.2857	-1.2528	-0.3579
Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla vientre rojo	1	0.1429	-1.9459	-0.2780
Total			**7**	**Diversidad**		**1.5498**
H'_{MAX} = LN(S)			**EQUITATIVIDAD = H' / H'_{MAX}**			
1.6094			**0.9630**			

Tabla 36. Diversidad de Shannon – Wiener presente en el grupo de los Mamíferos del Área de CUSTF.

8.2.2.1.2. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON.

El índice de diversidad de Simpson (S), que estima si una comunidad determinada está compuesta por especies muy abundantes, ya que suma las abundancias de cada una al cuadrado y así, les da importancia a los taxones con alto valor. Este índice propuesto por Simpson (1949) es uno de los más utilizados por los investigadores.

Para calcular el índice de forma apropiada se utiliza la siguiente fórmula:

$$S=1-[\Sigma\,(\frac{n}{N})^{2}]$$

Donde:

- S = Índice de Simpson.
- n = número de individuos en la iésima especie.
- N = número total de individuos.

Los posibles valores de S son significativos:

- El valor de S puede situarse entre 0 y 1.
- Los valores cercanos a 1 indican altos niveles de biodiversidad.
- Valores cercanos a 0 indican bajos niveles de biodiversidad.

Clase Reptiles.

Los reptiles en el Área de CUSTF presentaron un Índice de Simpson de **S = 0.6667**, lo que se puede interpretar como una **diversidad Moderada**.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	piXpi
Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	1	0.1111	0.0123
Phrynosomatidae	*Sceloporus siniferus*	Lagartija espinosa de cola larga	4	0.4444	0.1975
Phrynosomatidae	*Sceloporus variabilis*	Lagartija escamosa variable	3	0.3333	0.1111
Teiidae	*Aspidoscelis deppii*	Huico siete líneas	1	0.1111	0.0123
Total			**9**		**0.3333**
Diversidad					**0.6667**

Tabla 37. Diversidad de Simpson presente en el grupo de los Reptiles del Área de CUSTF.

Clase Aves.

Las aves del Área de CUSTF, son por mucho, el grupo mejor representado, puesto que, mediante el Índice de Simpson, obtuvieron un valor de **S = 0.8975**, que se interpreta como una **Alta diversidad**.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	piXpi
Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca	2	0.0526	0.002770
Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras Menor	2	0.0526	0.002770
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común	2	0.0526	0.002770
Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	4	0.1053	0.011080
Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	8	0.2105	0.044321
Fregatidae	*Fregata magnificens*	Fragata Tijereta	3	0.0789	0.006233
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	3	0.0789	0.006233
Hirundinidae	*Progne chalybea*	Golondrina Pecho Gris	4	0.1053	0.011080
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	2	0.0526	0.002770
Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	1	0.0263	0.000693
Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	3	0.0789	0.006233
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luisito común	2	0.0526	0.002770
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano piriri	2	0.0526	0.002770
Total			**38**		**0.1025**
Diversidad					**0.8975**

Tabla 38. Diversidad de Simpson presente en el grupo de las Aves del Área de CUSTF.

Clase Mamíferos.

Los mamíferos presentaron un valor del Índice de Simpson de **S = 0.7755**, interpretándose como una **diversidad Moderada** a **Alta**.

Familia	Especie	Nombre común	i	pi	piXpi
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorro gris	1	0.1429	0.0204
Leporidae	*Sylvilagus floridanus*	Conejo serrano	1	0.1429	0.0204
Phyllostomidae	*Artibeus lituratus*	Murciélago frugívoro gigante	2	0.2857	0.0816
Phyllostomidae	*Uroderma convexum*	Murciélago	2	0.2857	0.0816
Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla vientre rojo	1	0.1429	0.0204
Total			**7**		**0.2245**
Diversidad					**0.7755**

Tabla 39. Diversidad de Simpson presente en el grupo de los Mamíferos del Área de CUSTF.

8.2.2.1.3. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE MARGALEF.

El índice de Margalef es una forma sencilla de medir la biodiversidad ya que proporciona datos de riqueza de especies de la vegetación. Mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra (Margalef, 1969). La ecuación para su cálculo es la siguiente:

$$D_{mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Donde

- S = número de especies
- N = número total de individuos

La interpretación de los valores que el índice de Margalef puede arrojar son:

- Valores < 2.0: Baja riqueza de especies.
- Valores 2.0-3.0: Riqueza moderada de especies.
- Valores > 3.0: Alta riqueza de especies.
- Valores > 5,0: Riqueza de especies excepcionalmente alta.

Clase Reptiles.

Los reptiles, obtuvieron una **Baja riqueza de especies**, derivado de haber obtenido por el Índice de Margalef un valor de **D_{mg} = 1.3654.**

Especies	4
Individuos	9
s-1	3
ln(ind)	2.1972
Margalef	**1.3654**

Tabla 40. Diversidad de Margalef presente en el grupo de los Reptiles del Área de CUSTF.

Clase Aves.

Al igual que con los índices anteriores, la clase de las aves, es el grupo mejor representado del Área de CUSTF, mediante el Índice de Margalef obtuvieron un valor de **D_{mg} = 3.2989**, que se cataloga como una **Alta riqueza de especies**.

Especies	13
Individuos	38
s-1	12
ln(ind)	3.6376
Margalef	**3.2989**

Tabla 41. Diversidad de Margalef presente en el grupo de las Aves del Área de CUSTF.

Clase Mamíferos.

Al igual que para los reptiles, la clase de los mamíferos, obtuvieron una **Riqueza moderada de especies**, derivado de haber obtenido por el Índice de Margalef un valor de **D_{mg} = 2.0556.**

Especies	5
Individuos	7
s-1	4
ln(ind)	1.9459
Margalef	**2.0556**

Tabla 42. Diversidad de Margalef presente en el grupo de los Mamíferos del Área de CUSTF.

8.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA BIODIVERSIDAD.

8.3.1. INDICADORES DE DIVERSIDAD.

8.3.1.1. COMPARATIVA DE LA FLORA SILVESTRE.

8.3.1.1.1. RIQUEZA.

Como se mencionó en el Capítulo 6, al interior del SA se identificaron 26 especies, distribuidas entre 15 familias, siendo la Familia Fabaceae la mejor representada con 5 especies; de las especies 26, 3 corresponden al Estrato Arbóreo, 7 del Estrato Arbustivo, 15 especies conforman el Estrato Herbáceo y 1 especie corresponden a las Especies No Maderables. Mientras que en el Área de CUSTF, se detectó la presencia de 14 especies, distribuidos entre 8 familias, siendo la Familia Fabaceae la mejor representada con 4 especies; de las especies 14, 2 son especies arbóreas, 2 pertenecen al Estrato Arbustivo y 10 especies conforman el Estrato Herbáceo, en el Área de CUSTF no se registraron especies no maderables.

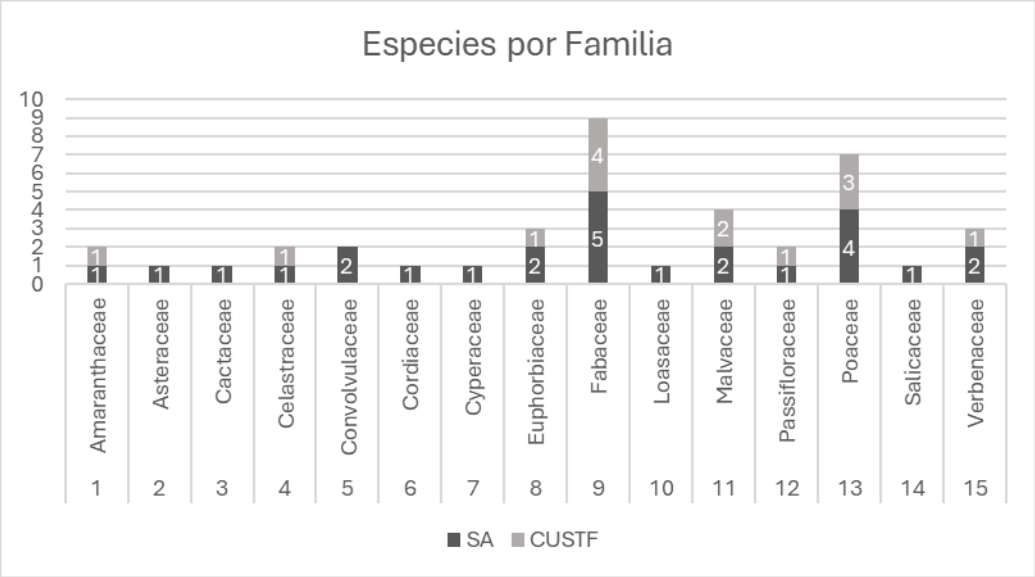


Gráfico 1. Comparativa de la Riqueza de especies entre el SA y el Área de CUSTF – Flora.

8.3.1.1.2. ABUNDANCIA, ABUNDANCIA RELATIVA, ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA Y VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVO.

Estrato Arbóreo.

Como se observa en la Tabla 43, en el Sistema Ambiental se registraron 46 individuos de tres especies diferentes, siendo la más abundante la Cancerina (*Semialarium mexicanum*) con 28 individuos y una abundancia relativa de 60.87%, mientras que las dos especies con la abundancia más baja por presentar un registro de 9 individuos y una abundancia relativa de

19.57% cada una, fueron: el Huizache (*Neltuma juliflora*) y el Cafecito (*Casearia corymbosa*). Por su parte en el Área de CUSTF, se registraron a la Cancerina (*Semialarium mexicanum*) y al Huizache (*Neltuma juliflora*) ambos con un individuo cada una, por lo que presentan una abundancia relativa de 50.00% cada una.

Mientras que de acuerdo al IVI y VIR en el Sistema Ambiental, el valor más alto lo presenta la Cancerina (*Semialarium mexicanum*), con un IVI = 143.37% y un VIR = 47.79%; mientras que en el Área de CUSTF fue el Huizache (*Neltuma juliflora*) con un IVI = 162.50% y un VIR = 54.17%.

Podemos notar que tanto en el Sistema Ambiental como en el Área de CUSTF, podemos la Cancerina (*Semialarium mexicanum*) es la especie que destaca.

Familia	Especie	Nombre Común	Abundancia		Abundancia Relativa		IVI		VIR	
			SA	CUSTF	SA	CUSTF	SA	CUSTF	SA	CUSTF
Celastraceae	*Semialarium mexicanum*	Cancerina	28	1	60.87%	50.00%	143.37%	137.50%	47.79%	45.83%
Fabaceae	*Neltuma juliflora*	Huizache	9	1	19.57%	50.00%	81.89%	162.50%	27.30%	54.17%
Salicaceae	*Casearia corymbosa*	Cafecito	9		19.57%		74.73%		24.91%	
Total			**46**	**2**	**100%**	**100%**	**300%**	**300%**	**100%**	**100%**

Tabla 43. Comparativa del Estrato Arbóreo SA vs CUSTF.

Estrato Arbustivo.

El estrato arbustivo dentro del Sistema Ambiental, se encuentra representado por 287 individuos de 7 especies distintas, donde las más abundantes fueron: la Bella alfombra (*Phyla nodiflora*) con 33 individuos y una abundancia relativa de 11.50%, el segundo lugar se encuentra compartido por la Sangre de toro (*Varronia curassavica*) y el Cinco negrito (*Lantana camara*) que presentaron cada una 42 individuos y una abundancia relativa de 14.63%, el primer lugar, lo ocupa la Malva (*Waltheria indica*) con 133 individuos y una abundancia relativa de 46.34%. Mientras que en el Área de CUSTF la especie más abundante fue la Malva (*Waltheria indica*) con una abundancia de 52 individuos (78.79%).

En el IVI y VIR, las especies con los valores más altos fueron en el SA: la Bella alfombra (*Phyla nodiflora*) con un IVI = 15.44% y un VIR = 5.15%, la Sangre de toro (*Varronia curassavica*) y el Cinco negrito (*Lantana camara*) con 37.54% de IVI y 12.51% de VIR, y, la Malva (*Waltheria indica*) con IVI= 141.87% y VIR =47.29%. En el Área de CUSTF fue la Malva (*Waltheria indica*), con un IVI = 185.10% y un VIR = 61.70%.

Para ambas áreas, la especie que destaca es la Malva (*Waltheria indica*).

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia		Abundancia Relativa		IVI		VIR	
			SA	CUSTF	SA	CUSTF	SA	CUSTF	SA	CUSTF
Cordiaceae	*Varronia curassavica*	Sangre de toro	42		14.63%		37.54%		12.51%	
Euphorbiaceae	*Euphorbia hyssopifolia*	Hierba de la golondrina	5		1.74%		4.95%		1.65%	
Fabaceae	*Vachellia collinsii*	Ixcanal	24		8.36%		36.29%		12.10%	
Loasaceae	*Mentzelia aspera*	Pegaropa	8		2.79%		7.42%		2.47%	

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia		Abundancia Relativa		IVI		VIR	
			SA	CUSTF	SA	CUSTF	SA	CUSTF	SA	CUSTF
Malvaceae	*Waltheria indica*	Malva	133	52	46.34%	78.79%	141.87%	185.10%	47.29%	61.70%
Verbenaceae	*Lantana camara*	Cinco negrito	42	14	14.63%	21.21%	56.48%	114.90%	18.83%	38.30%
Verbenaceae	*Phyla nodiflora*	Bella alfombra	33		11.50%		15.44%		5.15%	
Total			**287**	**66**	**100%**	**100%**	**300%**	**300%**	**100%**	**100%**

Tabla 44. Comparativa del Estrato Arbustivo SA vs CUSTF.

Estrato Herbáceo.

El Sistema Ambiental, registro una riqueza de 3,891 individuos, distribuidos entre 15 especies, donde las más abundantes son: la Cabezona (*Gomphrena decumbens*) que presento 468 individuos de abundancia y 12.03% de abundancia relativa, el Barbasco medicinal (*Tephrosia cinerea*) con 657 individuos y una abundancia relativa de 16.89% y el Pasto (*Sporobolus virginicus*) con 883 individuos y una abundancia relativa de 22.69%, mientras que la especie con la cantidad de individuos más bajo abundancia fue: la Pata de gallo (*Cyperus polystachyos*) con 17 individuos y 0.44% de abundancia relativa. En el Área de CUSTF se detectaron 1,169 individuos de 10 especies diferentes, donde las más abundantes fueron: el zacate cadillo (*Cenchrus echinatus*) con 148 individuos (12.66%), seguido por el Barbasco medicinal (*Tephrosia cinerea*) con 185 individuos (15.83%) y la especie más abundante fue el Pasto (*Sporobolus virginicus*) con 398 individuos (34.05%). Mientras que la especie menos abundante fue la Hierba del campo (*Herissantia crispa*) con 4 individuos (0.34%).

Las especies herbáceas que presentaron los valores más altos de IVI y VIR fueron: la Cabezona (*Gomphrena decumbens*) que presento un IVI = 35.70% y un VIR =11.90%, seguido por el Barbasco medicinal (*Tephrosia cinerea*) con un IVI de 36.91% y un VIR de 12.30%, mientras que el Pasto (*Sporobolus virginicus*) con un IVI = 48.91% y un VIR = 16.30%, fue la especie con el valor más alto de IVI y de VIR. La Hierba de campo (*Herissantia crispa*) presento los valores más bajos con un IVI = 3.35% y un VIR = 1.12%.

En el Área de CUSTF, fueron: el Barbasco medicinal (*Tephrosia cinerea*) con un IVI = 39.00% y un VIR = 13.00%, la Cabezona (*Gomphrena decumbens*) con 51.26% de IVI y 17.09% de VIR, la especie con el valor más alto fue el Pasto (*Sporobolus virginicus*) con un IVI = 59.27% y un VIR = 19.76%. La Hierba del campo (*Herissantia crispa*) presento los valores más bajos con un IVI = 4.12% y un VIR = 1.37 %.

La especie que domina tanto en el Sistema Ambiental como en el Área de CUSTF es el Pasto (*Sporobolus virginicus*).

Familia	Especie	Nombre Común	Abundancia		Abundancia Relativa		IVI		VIR	
			SA	CUSTF	SA	CUSTF	SA	CUSTF	SA	CUSTF
Amaranthaceae	*Gomphrena decumbens*	Cabezona	468	109	12.03%	9.32%	35.70%	51.26%	11.90%	17.09%
Asteraceae	*Pectis multiflosculosa*	Limoncillo costero	140		3.60%		9.37%		3.12%	
Convolvulaceae	*Distimake cissoides*	Trompetilla	67		1.72%		3.94%		1.31%	

Familia	Especie	Nombre Común	Abundancia		Abundancia Relativa		IVI		VIR	
			SA	CUSTF	SA	CUSTF	SA	CUSTF	SA	CUSTF
Convolvulaceae	*Ipomoea pes-caprae*	Riñonina	26		0.67%		8.37%		2.79%	
Cyperaceae	*Cyperus polystachyos*	Pata de gallo	17		0.44%		7.57%		2.52%	
Euphorbiaceae	*Acalypha monostachya*	Hierba del cancer	69	16	1.77%	1.37%	4.72%	6.77%	1.57%	2.26%
Fabaceae	*Canavalia rosea*	Frijol de playa	260	62	6.68%	5.30%	23.21%	22.34%	7.74%	7.45%
Fabaceae	*Indigofera hirsuta*	Añil velloso	229	53	5.89%	4.53%	21.02%	36.43%	7.01%	12.14%
Fabaceae	*Tephrosia cinerea*	Barbasco medicinal	657	185	16.89%	15.83%	36.91%	39.00%	12.30%	13.00%
Malvaceae	*Herissantia crispa*	Hierba del campo	44	4	1.13%	0.34%	3.35%	4.12%	1.12%	1.37%
Passifloraceae	*Passiflora ciliata*	Maracuyá	226	80	5.81%	6.84%	16.02%	24.98%	5.34%	8.33%
Poaceae	*Cenchrus echinatus*	Zacate cadillo	425	148	10.92%	12.66%	31.94%	32.68%	10.65%	10.89%
Poaceae	*Jouvea pilosa*	Pasto salado	330	114	8.48%	9.75%	22.51%	23.16%	7.50%	7.72%
Poaceae	*Sporobolus virginicus*	Pasto	883	398	22.69%	34.05%	48.91%	59.27%	16.30%	19.76%
Poaceae	*Uniola pittieri*	Arroz de costa	50		1.29%		26.46%		8.82%	
Total			**3,891**	**1,169**	**100%**	**100%**	**300%**	**300%**	**100%**	**100%**

Tabla 45. Comparativa del Estrato Herbáceo SA vs CUSTF.

Especies No Maderables.

Solo se registraron individuos de las especies no maderables en el Sistema Ambiental, tratándose de la Cruceta (*Acanthocereus tetragonus*), siendo 29 individuos, por lo que obtuvo una abundancia relativa de 100.00%. Así mismo obtuvo un IVI = 200.00% y un VIR = 100.00%.

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia		Abundancia Relativa		IVI		VIR	
			SA	CUSTF	SA	CUSTF	SA	CUSTF	SA	CUSTF
Cactaceae	*Acanthocereus tetragonus*	Cruceta	29		100.00%		200.00%		100.00%	
Total			**29**		**100%**		**200%**		**100%**	

Tabla 46. Comparativa entre el Sistema Ambiental y el Área de CUSTF de las Especies No Maderables.

8.3.1.1.3. ÍNDICES DE DIVERSIDAD.

8.3.1.1.3.1. ÍNDICE DE SHANNON – WIENER E ÍNDICE DE PIELOU.

La comparación del índice de Shannon-Wiener entre ambas áreas revela diferencias significativas en todos los estratos. Mientras en los estrato arbóreo y arbustivo, en el Área de CUSTF solo se detectó a especies arbóreas, arbustivas y herbáceas. Mientras que en el Sistema Ambiental las diversidades de estos estratos fueron los siguientes: estrato arbóreo **H' = 0.9406**, mientras que en el Área de CUSTF la diversidad obtenida fue de **H'= 0.6931**; para el estrato arbustivo se obtuvo una diversidad en el SA **H' = 1.5455**, en el área de CUSTF fue de **H' = 0.5168**, en todos los casos se trata de una **Baja diversidad**. El estrato herbáceo en el Sistema Ambiental obtuvo un valor del Índice de Shannon – Wiener de **H' = 2.2805**, catalogado como diversidad **Media**, en el Área de CUSTF el valor obtenido fue de **H' = 1.9265**, también catalogado como una diversidad **Baja**, los valore de equitatividad son similares en cada estrato. Las especies no maderables solo fueron registradas en el SA, solo se registró a una especie, por lo que el valor del Índice de Shannon – Wiener obtenido fue de **H' = 0.0000**. Como se observa el Sistema Ambiental presenta una diversidad más alta a la presente en el Área de CUSTF.

Estrato	Diversidad de Shannon - Wiener		Índice de Pielou	
	SA	CUSTF	SA	CUSTF
Arbóreo	0.9406	0.6931	0.8561	1.0000
Arbustivo	1.5455	0.5168	0.7942	0.7455
Herbáceo	2.2805	1.9262	0.8421	0.8365
No Maderable	0.0000		0.0000	

Tabla 47. Valores del Índice de Shannon – Wiener e Índice de Pielou entre el SA y el Área de CUSTF por Estrato.

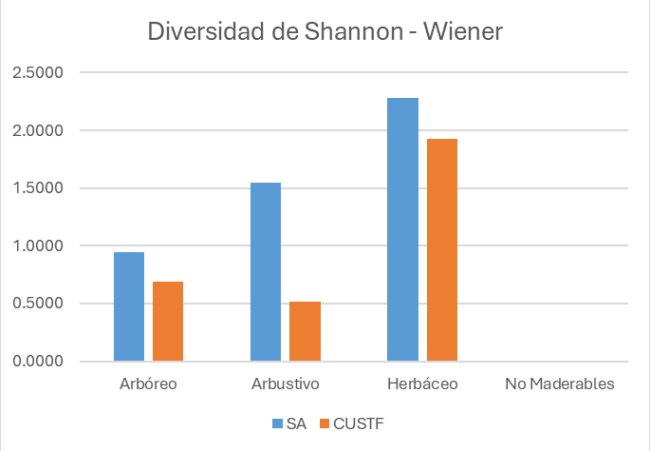


Gráfico 2. Comparativa entre el SA y el Área de CUSTF mediante el Índice de Shannon – Wiener por Estrato.

8.3.1.1.3.2. ÍNDICE DE SIMPSON.

El índice de Simpson muestra que el SA supera al CUSTF en todos los estratos. En el Sistema Ambiental el estrato arbóreo obtuvo un valor de **S = 0.5529** interpretado como diversidad **Media,** mientras que en el Área de CUSTF se obtuvo un valor de **S = 0.5000** interpretado como diversidad **Media;** en el estrato arbustivo se obtuvo un valor en el SA de **S = 0.7211**, que se interpreta como una diversidad **Moderada** a **Alta**, en el Área de CUSTF se obtuvo un valor de **S = 0.3343**, interpretándose como una **Baja** diversidad El estrato herbáceo del SA presento un valor de **S = 0.8728**, ligeramente superior al obtenido en el Área de CUSTF donde el valor fue de **S = 0.8151**, en ambos casos la diversidad se interpreta como **Moderada** a **Alta**. De las especies no maderables solo se detectó a una especie en el SA, por lo que está obtuvo un valor de **S = 0.0000**.

Estrato	Diversidad de Simpson	
	SA	CUSTF
Arbóreo	0.5529	0.5000
Arbustivo	0.7211	0.3343
Herbáceo	0.8728	0.8151
No Maderable	0.0000	

Tabla 48. Valores del Índice de Simpson entre el SA y el Área de CUSTF por Estrato.

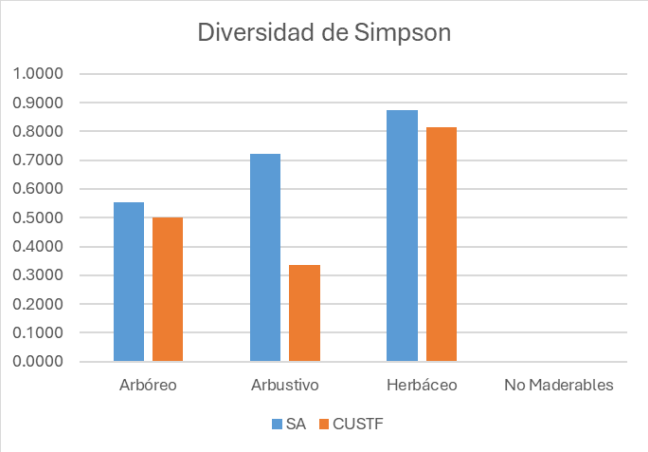


Gráfico 3. Comparativa entre el SA y el Área de CUSTF mediante el Índice de Simpson por Estrato.

8.3.1.1.3.3. ÍNDICE DE MARGALEF.

El Índice de Margalef, sigue el mismo patrón que los índices anteriores. En el Sistema Ambiental la diversidad de Margalef obtenida fue de: estrato arbóreo **D_{mg} = 0.5224**, mientras que en el Área de CUSTF se obtuvo un valor de **D_{mg} = 1.4427**, para ambos casos se cataloga como una **Baja Riqueza de especies**; en el estrato arbustivo **D_{mg} = 1.0602**, en el Área de CUSTF este estrato obtuvo un valor de **D_{mg} = 0.2387**, que se interpreta como una **Baja Riqueza de especies**. Mientras que el estrato herbáceo, en el SA se obtuvo un valor de **D_{mg} = 1.6936**, en el Área de CUSTF el valor obtenido fue de **D_{mg} = 1.2741** que también se interpreta como una **Baja Riqueza de especies**. De las especies no maderables, como solo se detectó a una especie en el SA, la diversidad de Margalef obtenida fue de **D_{mg} = 0.0000.**

Estrato	Diversidad de Margalef	
	SA	CUSTF
Arbóreo	0.5224	
Arbustivo	1.0602	0.4334
Herbáceo	1.6936	1.4002
No Maderable	0.0000	

Tabla 49. Valores del Índice de Margalef entre el SA y el Área de CUSTF por Estrato.

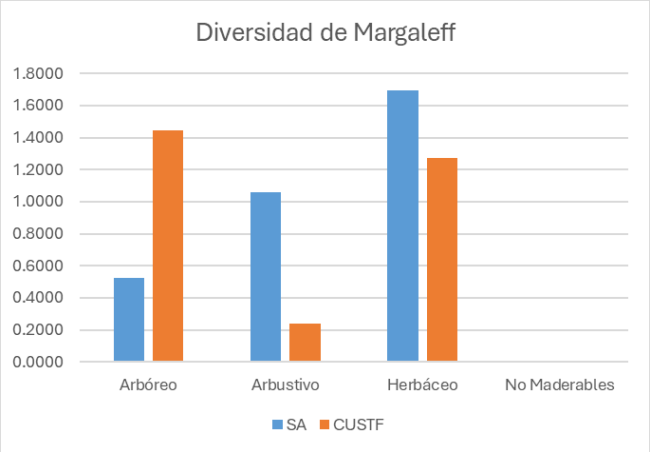


Gráfico 4. Comparativa entre el SA y el Área de CUSTF mediante el Índice de Margalef por Estrato.

8.3.1.1.4. ÍNDICE DE SORENSEN.

El Índice de Sorensen (1948) es el más utilizado para el análisis de comunidades ya que relaciona el número de especies compartidas con la media aritmética de las especies de ambos sitios (Magurran 1988).

Polo (2008), indica que este índice también permite comparar dos comunidades mediante la presencia/ausencia de especies en cada una de ellas. Los datos utilizados en este índice son de tipo cualitativos, de todos los coeficientes con datos cualitativos el índice de Sorensen es el más satisfactorio y los valores varían entre 0 a 1 y se puede expresar en porcentaje (Matteucci & Colma 1982; Kent & Cooker 2000).

Su fórmula es, la siguiente:

$$I_S = \frac{2c}{a+b}$$

Donde

- I_S = Índice de Sorensen.
- a = número de especies encontradas en la comunidad A.
- b = número de especies encontradas en la comunidad B.
- c = número de especies comunes en ambas comunidades (A y B).

Su rango es:

- 0 = No comparten especies.
- < 0.50 = Baja similitud
- 0.50 – 0.75 = Similitud moderada
- 0.75 = Alta similitud
- 1 = Composición idéntica.

Resultados del Índice de Sorensen para cada Estrato se muestra en la Tabla 50.

Estrato	Especies SA	Especies CUSTF	Especies Compartidas	Sorensen
Arbóreo	3	2	2	0.8000
Arbustivo	7	2	2	0.4444
Herbáceo	15	10	10	0.8000
No Maderables	1	0	0	0.0000

Tabla 50. Cálculo del Índice de Sorensen por Estrato.

El índice de Sorensen mide el grado de similitud en la composición de especies entre ambas áreas. Para las especies no maderables, al no detectarse especies en el Área de CUSTF se obtuvo un valor de I_S= 0.0000. Para el estrato arbóreo se obtuvo un I_S = 0.8000, representando una Alta similitud. En el estrato arbustivo, I_S = 0.4444, que corresponde a similitud Moderada. En el estrato herbáceo, I_S = 0.8000, valor que refleja similitud Alta: cabe aclarar que todas las especies presentes en el Área de CUSTF se encuentran muy bien representadas en el Sistema Ambiental.

8.3.1.2. COMPARATIVA DE LA FAUNA SILVESTRE.

8.3.1.2.1. RIQUEZA.

Como se mencionó en el Capítulo 6, al interior del SA se identificaron 58 especies, distribuidas entre 38 familias, siendo las familias Columbidae, Icteridae Tyrannidae con un total de 4 especies cada una; de las especies una corresponde a la Clase de Anfibios, 7 de la Clase de los Reptiles, 44 especies conforman la Clase de las Aves y 6 especies corresponden a Mamíferos. Mientras que en el Área de CUSTF, se detectó la presencia de 22 especies, distribuidos entre 17 familias, siendo la Familia Tyrannidae la mejor representada con un total de 3 especies; de las especies cuatro corresponden a la Clase de los Reptiles, 13 especies conforman la Clase de las Aves y cinco especies corresponden a Mamíferos.

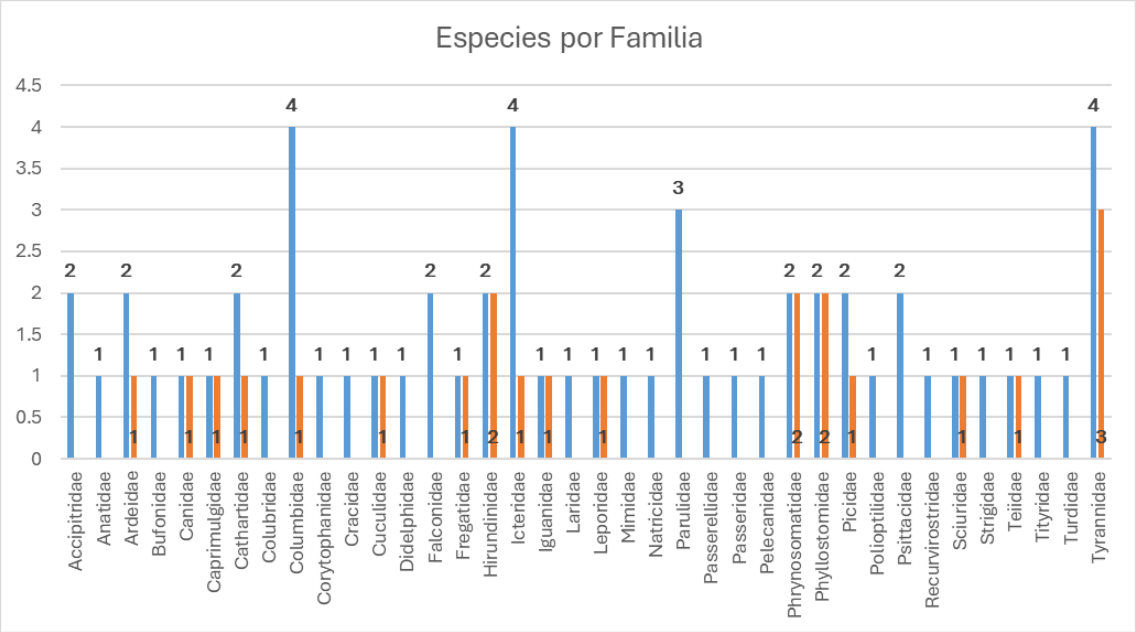


Gráfico 5. Comparativa entre el SA y el CUSTF de la Riqueza de Especies por Familia – Fauna.

8.3.1.2.2. ABUNDANCIA Y ABUNDANCIA RELATIVA.

Clase Anfibios.

De la clase anfibios solo se detectó al Sapo gigante (*Rhinella horribilis*) en el Sistema Ambiental, obteniendo el 100.00% de abundancia relativa, al presentar dos individuos.

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia		Abundancia Relativa	
			SA	CUSTF	SA	CUSTF
Bufonidae	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	2		100.00%	
Total			**2**		**100%**	

Tabla 51. Comparativa de la Clase Anfibios entre el SA y el Área de CUSTF.

Clase Reptiles.

Los reptiles más abundantes en el Sistema Ambiental son: la Lagartija espinosa de cola larga (*Sceloporus siniferus*) con 5 individuos (6.13%), la Lagartija escamosa variable (*Sceloporus variabilis*) con 7 individuos de abundancia (22.58%), el primer lugar lo comparten, la Iguana negra de cola espinosa (*Ctenosaura similis*) y el Huico siete líneas (*Aspidoscelis deppii*) con 8 registros (25.81%) cada una. Mientras que en el Área de CUSTF las especies más abundantes fueron: la Lagartija escamosa variable (*Sceloporus variabilis*) con 3 individuos (33.33%) y la Lagartija espinosa de cola larga (*Sceloporus siniferus*) con 4 individuos (44.44%).

Mientras que la menor abundancia fue para el Sistema Ambiental: la Culebra corredora de Petatillos (*Drymobius margaritiferus*), el Toloque rayado (*Basiliscus vittatus*) y la Culebra acuática centroamericana (*Thamnophis proximus*) con 1 individuo (3.23%). En el Área de

CUSTF las especies con la menor abundancia, presentaron a un individuo (11.11%) cada una, siendo: la Iguana negra de cola espinosa (*Ctenosaura similis*) y el Huico siete líneas (*Aspidoscelis deppii*)

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia		Abundancia Relativa	
			SA	CUSTF	SA	CUSTF
Colubridae	*Drymobius margaritiferus*	Culebra corredora de Petatillos	1		3.23%	
Corytophanidae	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado	1		3.23%	
Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	8	1	25.81%	11.11%
Natricidae	*Thamnophis proximus*	Culebra acuática centroamericana	1		3.23%	
Phrynosomatidae	*Sceloporus siniferus*	Lagartija espinosa de cola larga	5	4	16.13%	44.44%
Phrynosomatidae	*Sceloporus variabilis*	Lagartija escamosa variable	7	3	22.58%	33.33%
Teiidae	*Aspidoscelis deppii*	Huico siete líneas	8	1	25.81%	11.11%
Total			**31**	**9**	**100%**	**100%**

Tabla 52. Comparativa de la Clase Reptiles entre el SA y el Área de CUSTF.

Clase Aves.

Para la clase de las aves, las especies con los valores más altos de abundancia fueron: el Gorrión Doméstico (*Passer domesticus*) y la Fragata Tijereta (*Fregata magnificens*) con 27 individuos (6.31%) cada una, el Garrapatero pijuy (*Crotophaga sulcirostris*) y la Paloma alas blancas (*Zenaida asiatica*) comparten el segundo lugar con 29 individuos de abundancia (6.78%) y el primer lugar lo ocupa el Zanate mexicano (Quiscalus mexicanus) con 42 individuos (9.81%). En el Área de CUSTF, las especies más abundantes fueron: el Luis pico grueso (*Megarynchus pitangua*), la Golondrina tijereta (*Hirundo rustica*) y la Fragata Tijereta (Fregata magnificens) cada una con 3 individuos (7.89%), la Golondrina Pecho Gris (*Progne chalybea*) y la Paloma alas blancas (*Zenaida asiatica*) con 4 individuos (10.53%) cada una; y, la especie con la mayor abundancia fue el Garrapatero pijuy (*Crotophaga sulcirostris*) con 8 individuos (21.05%).

Mientras que las especie menos abundantes, en el Sistema Ambiental presentaron un solo individuo (0.23%), siendo: la Aguililla negra menor (*Buteogallus anthracinus*), el Cernícalo americano (*Falco sparverius*), el Tecolote bajeño (*Glaucidium brasilianum*) y el Cabezón Degollado (*Pachyramphus aglaiae*), y, en el Área de CUSTF la especiea menos abundante, presenton un individuo (2.63%), siendo: el Carpintero cheje (*Melanerpes aurifrons*.

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia		Abundancia Relativa	
			SA	CUSTF	SA	CUSTF
Accipitridae	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla negra menor	1		0.23%	
Accipitridae	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera	3		0.70%	
Anatidae	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije alas blancas	7		1.64%	
Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca	3	2	0.70%	5.26%
Ardeidae	*Ardea ibis*	Garza ganadera	9		2.10%	
Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras Menor	15	2	3.50%	5.26%
Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	13		3.04%	
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común	4	2	0.93%	5.26%

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia		Abundancia Relativa	
			SA	CUSTF	SA	CUSTF
Columbidae	*Columba livia*	Paloma doméstica	2		0.47%	
Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita Cola Larga	18		4.21%	
Columbidae	*Columbina talpacoti*	Tortolita canela	4		0.93%	
Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma alas blancas	29	4	6.78%	10.53%
Cracidae	*Ortalis leucogastra*	Chachalaca vientre blanco	17		3.97%	
Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	29	8	6.78%	21.05%
Falconidae	*Caracara plancus*	Quebrantahuesos	2		0.47%	
Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	1		0.23%	
Fregatidae	*Fregata magnificens*	Fragata Tijereta	27	3	6.31%	7.89%
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	11	3	2.57%	7.89%
Hirundinidae	*Progne chalybea*	Golondrina Pecho Gris	14	4	3.27%	10.53%
Icteridae	*Dives dives*	Tordo cantor	4		0.93%	
Icteridae	*Icterus pustulatus*	Calandria Dorso Rayado	3		0.70%	
Icteridae	*Icterus spurius*	Calandria Castaña	3		0.70%	
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	42	2	9.81%	5.26%
Laridae	*Thalasseus maximus*	Charrán real	16		3.74%	
Mimidae	*Mimus gilvus*	Centzontle tropical	5		1.17%	
Parulidae	*Geothlypis trichas*	Mascarita común	3		0.70%	
Parulidae	*Setophaga dominica*	Chipe garganta amarilla	3		0.70%	
Parulidae	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo	2		0.47%	
Passerellidae	*Peucaea ruficauda*	Zacatonero corona rayada	12		2.80%	
Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión Doméstico	27		6.31%	
Pelecanidae	*Pelecanus occidentalis*	Pelícano café	22		5.14%	
Picidae	*Dryocopus lineatus*	Carpintero lineado	3		0.70%	
Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	14	1	3.27%	2.63%
Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgris	4		0.93%	
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	8		1.87%	
Psittacidae	*Brotogeris jugularis*	Periquito Alas Amarillas	6		1.40%	
Recurvirostridae	*Himantopus mexicanus*	Monjita Americana	5		1.17%	
Strigidae	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	1		0.23%	
Tityridae	*Pachyramphus aglaiae*	Cabezón Degollado	1		0.23%	
Turdidae	*Turdus grayi*	Mirlo Café	3		0.70%	
Tyrannidae	*Megarynchus pitangua*	Luis pico gueso	6	3	1.40%	7.89%
Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luisito común	8	2	1.87%	5.26%
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común	4		0.93%	
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano piriri	14	2	3.27%	5.26%
Total			**428**	**38**	**100%**	**100%**

Tabla 53. Comparativa de la Clase Aves entre el SA y el Área de CUSTF.

Clase Mamíferos.

Los mamíferos en el Sistema Ambiental que fueron las más abundantes, son: el Conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*), el Murciélago frugívoro gigante (*Artibeus lituratus*) y el Murciélago (*Uroderma convexum*) presentan la mayor abundancia con 3 individuos (21.43%) cada uno. En el Área de CUSTF las dos especies que fueron las más abundantes registran dos individuos cada una, por lo que ambas presentan una abundancia relativa de 28.57%, siendo el Murciélago frugívoro gigante (*Artibeus lituratus*) y el Murciélago (*Uroderma convexum*).

Por su parte las especies menos abundantes fueron: en el Sistema Ambiental el Zorro gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y la Ardilla vientre rojo (*Sciurus aureogaster*) con 2 individuos (14.29%) y el Tlacuache norteño (*Didelphis virginiana*) con 1 individuo (7.14%), en el Área de CUSTF las especies menos abundantes presentan una abundancia de 1 individuo (14.29%) , siendo: el Zorro gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el Conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*) y la Ardilla vientre rojo (*Sciurus aureogaster*).

Familia	Especie	Nombre común	Abundancia		Abundancia Relativa	
			SA	CUSTF	SA	CUSTF
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorro gris	2	1	14.29%	14.29%
Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache norteño	1		7.14%	
Leporidae	*Sylvilagus floridanus*	Conejo serrano	3	1	21.43%	14.29%
Phyllostomidae	*Artibeus lituratus*	Murciélago frugívoro gigante	3	2	21.43%	28.57%
Phyllostomidae	*Uroderma convexum*	Murciélago	3	2	21.43%	28.57%
Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla vientre rojo	2	1	14.29%	14.29%
Total			**14**	**7**	**100%**	**100%**

Tabla 54. Comparativa de la Clase Mamíferos entre el SA y el Área de CUSTF.

8.3.1.2.3. ÍNDICES DE DIVERSIDAD.

8.3.1.2.3.1. ÍNDICE DE SHANNON – WIENER E ÍNDICE DE PIELOU.

En todos los grupos faunísticos el Sistema Ambiental presentó valores de H' superiores a los del CUSTF. En anfibios: SA **H'= 0.0000** ya que solo se detectó a una especie, en el caso del Área de CUSTF no se detectaron especies de esta clase. En reptiles: SA **H' = 1.6617** vs CUSTF **H'= 1.2149** (ambos **Baja**). En aves: SA **H' = 3.3808** vs CUSTF **H' = 2.4289** (ambos diversidad **Media**). En mamíferos: SA **H' = 1.7348** vs CUSTF **H' = 1.5498** (ambos diversidad **Baja**).

Clase	Shannon - Wiener		Pielou	
	SA	CUSTF	SA	CUSTF
Anfibios	0.0000		0.0000	
Reptiles	1.6617	1.2149	0.8540	0.8764
Aves	3.3808	2.4289	0.8934	0.9469
Mamíferos	1.7348	1.5498	0.9682	0.9630

Tabla 55. Valores del Índice de Shannon – Wiener e Índice de Pielou entre el SA y el Área de CUSTF por Clase.

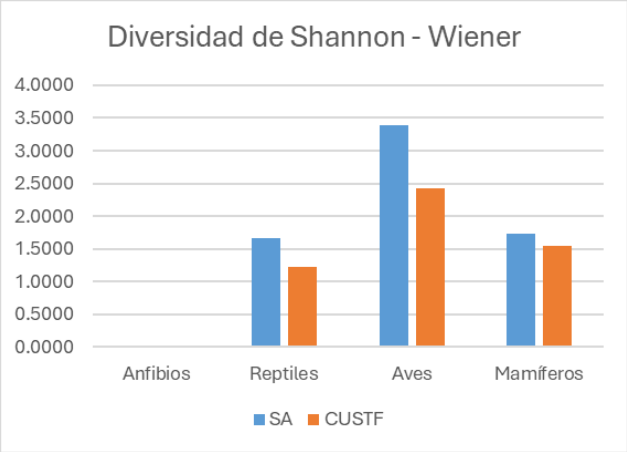


Gráfico 6. Comparativa entre el SA y el Área de CUSTF mediante el Índice de Shannon – Wiener por Clase Faunística.

8.3.1.2.3.2. ÍNDICE DE SIMPSON.

El índice de Simpson muestra que el SA supera al CUSTF en todos los grupos. En anfibios: SA **D = 0.0000** por presentar una sola especie, mientras que en el Área de CUSTF no se detectaron especies de esta clase. En reptiles: SA **D = 0.7867** vs CUSTF **D = 0.6667** en ambos casos se interpreta como una diversidad **Moderada**. En aves: SA **D = 0.9560** vs CUSTF **D = 0.8975** (diversidad **Muy Alta** para el SA y **Alta** para el Área de CUSTF). En mamíferos: SA D = 0.8163 (diversidad **Alta**) vs CUSTF **D = 0.7755** (diversidad **Alta**).

Clase	SA	CUSTF
Anfibios	0.0000	
Reptiles	0.7867	0.6667
Aves	0.9560	0.8975
Mamíferos	0.8163	0.7755

Tabla 56. Valores del Índice de Simpson entre el SA y el Área de CUSTF por Clase.

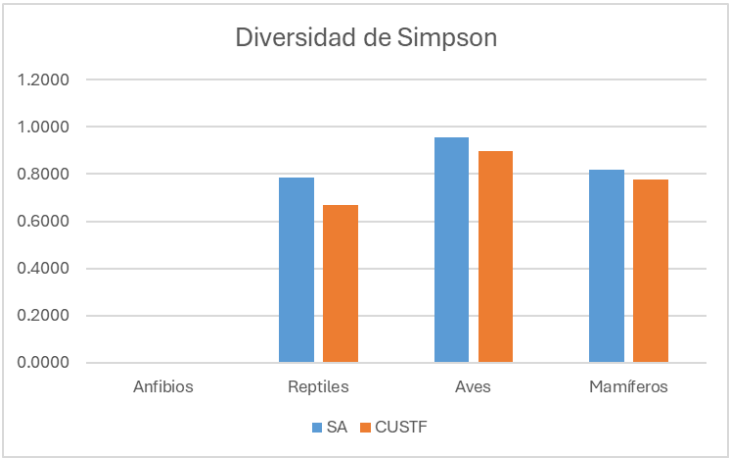


Gráfico 7. Comparativa entre el SA y el Área de CUSTF mediante el Índice de Simpson por Clase Faunística.

8.3.1.2.3.3. ÍNDICE DE MARGALEF.

En reptiles: en el Sistema Ambiental presentaron un valor de **D_{mg} = 1.7472**, y en el Área de CUSTF de **D_{mg} = 1.3654**. Para ambos casos esto representa una **Baja riqueza de especies**. En las aves el panorama es diferente, en el SA, se obtuvo un valor de **D_{mg} = 7.0967**, que se cataloga como **Riqueza de especies excepcionalmente alta**, y en el Área de CUSTF fue de **D_{mg} = 3.2989**, que se cataloga como una **Alta riqueza de especies**, como se observa, el Sistema Ambiental, presenta una riqueza de especies mayor a la del Área de CUSTF. En los mamíferos el resultado del SA fue de **D_{mg} = 1.8946** que se cataloga como una **Baja riqueza de especies** por **D_{mg} = 2.0556** en el Área de CUSTF, catalogado como una **Moderada riqueza de especies**, se observa un valor ligeramente mayor en el Área de CUSTF, el Índice de Margalef valora mucho la proporción, es decir, si se encuentran muchos individuos, pero pocas especies se sugiere que el grupo se encuentra dominado por pocas especies, por el contrario si con pocos individuos, se obtiene un valor cercano a la cantidad de especies, indica que el grupo es más rico y equitativo, en pocas palabras más individuos no garantiza mayor valor de Margalef si el número de especies no crece proporcionalmente. Lo que el índice premia es encontrar muchas especies con pocos individuos.

Clase	SA	CUSTF
Anfibios	0.0000	
Reptiles	1.7472	1.3654
Aves	7.0967	3.2989
Mamíferos	1.8946	2.0556

Tabla 57. Valores del Índice de Margalef entre el SA y el Área de CUSTF por Clase.

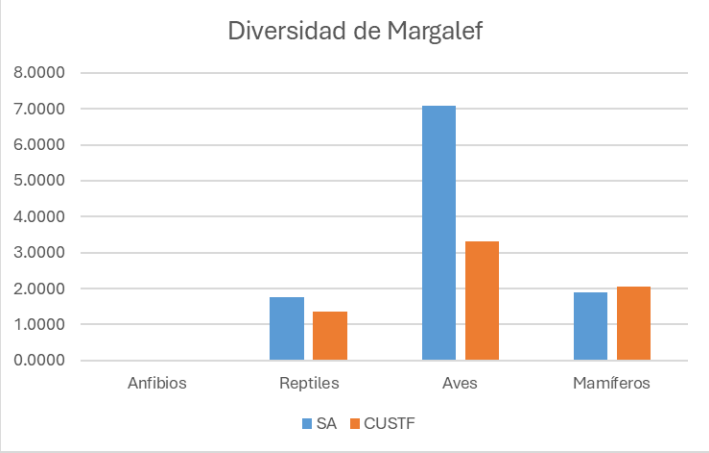


Gráfico 8. Comparativa entre el SA y el Área de CUSTF mediante el Índice de Margalef por Clase Faunística.

8.3.1.2.4. ÍNDICE DE SORENSEN.

El Índice de Sorensen (1948) es el más utilizado para el análisis de comunidades ya que relaciona el número de especies compartidas con la media aritmética de las especies de ambos sitios (Magurran 1988).

Polo (2008), indica que este índice también permite comparar dos comunidades mediante la presencia/ausencia de especies en cada una de ellas. Los datos utilizados en este índice son de tipo cualitativos, de todos los coeficientes con datos cualitativos el índice de Sorensen es el más satisfactorio y los valores varían entre 0 a 1 y se puede expresar en porcentaje (Matteucci & Colma 1982; Kent & Cooker 2000).

Su fórmula es, la siguiente:

$$I_S = \frac{2c}{a+b}$$

Donde

- I_S = Índice de Sorensen.
- a = número de especies encontradas en la comunidad A.
- b = número de especies encontradas en la comunidad B.
- c = número de especies comunes en ambas comunidades (A y B).

Su rango es:

- 0 = No comparten especies.
- < 0.50 = Baja similitud
- 0.50 – 0.75 = Similitud moderada
- 0.75 = Alta similitud
- 1 = Composición idéntica.

Resultados del Índice de Sorensen para cada Estrato se muestra en la Tabla 58.

Clase	Especies SA	Especies CUSTF	Especies Compartidas	Sorensen
Anfibios	1	0	0	0.0000
Reptiles	7	4	4	0.7273
Aves	44	13	13	0.4561
Mamíferos	6	5	5	0.9091

Tabla 58. Cálculo del Índice de Sorensen por Clase Faunística.

En anfibios, I_S = 0.0000, derivado de que solo se detectó una especie en el Sistema Ambiental y no en el Área de CUSTF. En reptiles, I_S = 0.7273, similitud moderada: las 4 especies del CUSTF están todas presentes en el SA. En aves, I_S = 0.4561, indicando similitud Baja: las 13 especies del CUSTF están todas presentes en el SA. En mamíferos, I_S = 0.9091, la similitud

presente es alta: siendo la similitud más alta de todos los grupos, con una correspondencia del 90.91%.

8.3.2. ANÁLISIS GENERAL.

El presente Documento Técnico Unificado Modalidad B (DTU – B), obedece a la ejecución del Cambio de Uso de Suelo en una superficie de 2,449.3970 m^2 (0.2449 Ha), para lo cual se presente el DTU – B, ante la SEMARNAT para su evaluación y análisis y en dado caso autorice el desarrollo del Proyecto, por ser de su competencia. Lo anterior se encuentra establecido en el Artículo 93 Sección 7 del Cambio de Uso de Suelo, de la Ley General para el Desarrollo Forestal Sustentable, que, a la letra, menciona lo siguiente:

> *Artículo 93. La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de 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, la capacidad de almacenamiento de carbono, 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.*

La LGDFS establece que para que un Cambio de Uso de Suelo se autorice, el desarrollo del Proyecto, debe demostrar que la "biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga", es por ello que se desarrolla el presente análisis, a fin de demostrar que la biodiversidad del ecosistema presente en el Área de CUSTF se mantenga.

8.3.2.1. FLORA.

En el Sistema Ambiental se identificaron 26 especies distribuidas en 15 familias y cuatro estratos de vegetación: arbóreo (3 especies), arbustivo (7 especies), herbáceo (15 especies) y no maderable (1 especie). La familia mejor representada fue Fabaceae con 5 especies. En el Área de CUSTF se registraron 14 especies pertenecientes a 8 familias; de ellas, 2 especies son arbóreas, 2 corresponden al estrato arbustivo y 10 al estrato herbáceo. La familia Fabaceae es la mejor representada en el área de proyecto, con 4 especies.

Mientras que el Área de CUSTF está dominada estructuralmente por el estrato herbáceo, que concentra el 71.43% de la riqueza específica del área (10 de las 14 especies) y la totalidad de los individuos de mayor abundancia. Las especies no maderables dentro del área de proyecto no fueron registradas, por lo que la cubierta forestal a remover es esencialmente herbácea y en menor proporción arbórea y arbustiva.

En la siguiente tabla se concentran los resultados de los tres índices de diversidad aplicados a cada estrato, tanto en el SA como en el Área de CUSTF:

Área	Valores	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	No Maderables	Total
SA	Familias	15				15
	Especies	3	7	15	1	26
	Individuos	46	287	3,891	29	4,253
	Diversidad de Shannon - Wiener	0.9406	1.5455	2.2805	0.0000	
	Diversidad de Simpson	0.8561	0.7942	0.8421	0.0000	
	Diversidad de Margalef	0.5529	0.7211	0.8728	0.0000	
CUSTF	Familias	8				8
	Especies	2	2	10	0	14
	Individuos	2	66	1,169	0	1,237
	Diversidad de Shannon - Wiener	0.6931	0.5168	1.9262		
	Diversidad de Simpson	0.5000	0.3343	0.8151		
	Diversidad de Margalef	1.4427	0.2387	1.2741		

Tabla 59. Tabla comparativa de Riqueza y diversidad entre el Sistema Ambiental y el Área de CUSTF – Flora.

Los resultados demuestran que la cubierta forestal del Área de CUSTF está conformada principalmente por vegetación herbácea, de baja complejidad estructural, característica propia de ambientes costeros arenosos. Los estratos arbóreo y arbustivo tienen presencia marginal, con una sola especie cada uno y muy baja densidad, ambas especies se encuentran bien representadas en el SA.

Todas las especies que serán afectadas forman parte integral del SA y cuentan con poblaciones viables fuera del área de proyecto. En consecuencia, la remoción de la cubierta forestal, consistente principalmente en herbáceas, **no compromete** la diversidad florística del Área de CUSTF ni la estructura del ecosistema en el Sistema Ambiental, por lo que el Proyecto resulta viable desde la perspectiva de la biodiversidad de la flora.

8.3.2.2. FAUNA.

En el Sistema Ambiental se registraron 58 especies de fauna silvestre, distribuidas en 38 familias: 1 especie de Anfibios, 7 de Reptiles, 44 de Aves y 6 de Mamíferos. Las familias con mayor representación fueron Columbidae, Icteridae y Tyrannidae, con 4 especies cada una. En el Área de CUSTF se detectaron 22 especies en 17 familias: 4 de Reptiles, 13 de Aves y 5 de Mamíferos; la familia mejor representada fue: la Tyrannidae con 3 especies. Ningún individuo de Anfibios fue registrado en el Área de CUSTF.

La fauna del área de proyecto es un subconjunto de la del SA: el 100% de las especies registradas en el CUSTF (en las tres clases presentes) se encuentran igualmente reportadas en el SA. Esta relación es fundamental, pues indica que las poblaciones faunísticas del área de proyecto tienen continuidad espacial con el resto del Sistema Ambiental y no están aisladas ni son exclusivas del sitio a afectar.

Área	Valores	Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos	Total
SA	Familias	1	6	26	5	38
	Especies	1	7	44	6	58
	Individuos	2	31	428	14	475
	Diversidad de Shannon - Wiener	0.0000	1.6617	3.3808	1.7348	

Área	Valores	Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos	Total
	Diversidad de Simpson	0.0000	0.7867	0.9560	0.8163	
	Diversidad de Margalef	0.0000	1.7472	7.0967	1.8946	
CUSTF	Familias		3	10	4	17
	Especies		4	13	5	22
	Individuos		9	38	7	54
	Diversidad de Shannon - Wiener		1.2149	2.4289	1.5498	
	Diversidad de Simpson		0.6667	0.8975	0.7755	
	Diversidad de Margalef		1.3654	3.2989	2.0556	

Tabla 60. Tabla comparativa de Riqueza y diversidad entre el Sistema Ambiental y el Área de CUSTF – Fauna.

Los resultados del análisis faunístico demuestran que la fauna presente en el Área de CUSTF es un subconjunto representativo de la fauna del Sistema Ambiental. Ninguna de las 22 especies registradas en el área de proyecto es exclusiva de este sitio; todas ellas cuentan con individuos en el SA y, en el caso de las aves y mamíferos, con capacidad de desplazamiento hacia áreas no afectadas.

La remoción de la cubierta forestal herbácea representará una modificación del hábitat local, pero no la eliminación de las poblaciones, dado que el SA mantiene las condiciones ecológicas necesarias para su persistencia.

Los anfibios, grupo más sensible a la perturbación del hábitat, no fueron detectados en el Área de CUSTF, lo que indica que su distribución en el SA no está asociada al área a afectar. En consecuencia, el desarrollo del Proyecto **no compromete** la diversidad faunística del ecosistema ni afecta la viabilidad de las poblaciones registradas, siendo viable su ejecución desde la perspectiva de la biodiversidad faunística, en cumplimiento con lo establecido en el Artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
MODALIDAD B (DTU-B)

“CASA DE PLAYA, UBICADA EN PUERTA ARISTA, MUNICIPIO DE TONALÁ, CHIAPAS”

CAPÍTULO 9. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN POR LA AFECTACIÓN SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES, EL SUELO, EL AGUA, LA FLORA Y FAUNA SILVESTRES APLICABLES DURANTE LAS DISTINTAS ETAPAS DE DESARROLLO DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

PROMOVENTE: MANUEL FRANCISCO ANTONIO PARIENTE GAVITO

MAYO, 2026

Contenido

CAPÍTULO 9. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN POR LA AFECTACIÓN SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES, EL SUELO, EL AGUA, LA FLORA Y FAUNA SILVESTRES APLICABLES DURANTE LAS DISTINTAS ETAPAS DE DESARROLLO DEL CAMBIO DE USO DE SUELO 1

9.1 EL PROYECTO DEBE ESTABLECERSE EN PRINCIPIO LOS IMPACTOS SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES, PRINCIPALMENTE LA BIODIVERSIDAD, SUELOS, AGUA Y CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO 1

9.2. EN FUNCIÓN DE LO ANTERIOR, ESTABLECERSE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN O MITIGACIÓN PARA REDUCIR LOS EFECTOS NEGATIVOS QUE SE OCASIONARÁN A DICHOS RECURSOS 2

9.2.1. Medidas de Prevención 3

9.2.2. Medidas de Mitigación 4

9.2.2.1. Generales 4

9.2.2.2. Factores Ambientales Físicos 5

9.2.2.3. Factores Ambientales Bióticos 7

9.2.2.3.1. Flora Silvestre 7

9.2.2.3.2. Fauna Silvestre 8

9.2.3. Medidas de Compensación 10

9.2.3.1. Conservación de Suelo y Agua 11

9.3. LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN SON ACCIONES SUSCEPTIBLES DE SER VERIFICABLES, MEDIBLES Y UBICABLES EN TIEMPO Y LUGAR 12

9.3.1. Programa de Manejo Ambiental 12

9.3.1.1. Supervisión Técnico-Ambiental 12

9.3.1.2. Cumplimiento de actividades 13

9.3.1.3. Rescate y reubicación de flora y fauna silvestre 13

9.3.1.4. Conservación de suelo y agua 13

9.3.1.5. Captación de carbono 14

Lista de Figuras

Figura 1. Ejemplos de Letreros. 5

Figura 2. Ejemplo de Actividades de Rescate y Reubicación de Flora. 8
Figura 3. Ejemplo de Actividades de Rescate y Reubicación de Fauna. 9

Lista de Tablas

Tabla 1. Medidas de Prevención Aplicables al Proyecto. 4
Tabla 2. Cronograma de Actividades de la Supervisión Ambiental. 13

CAPÍTULO 9. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN POR LA AFECTACIÓN SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES, EL SUELO, EL AGUA, LA FLORA Y FAUNA SILVESTRES APLICABLES DURANTE LAS DISTINTAS ETAPAS DE DESARROLLO DEL CAMBIO DE USO DE SUELO

9.1 EL PROYECTO DEBE ESTABLECERSE EN PRINCIPIO LOS IMPACTOS SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES, PRINCIPALMENTE LA BIODIVERSIDAD, SUELOS, AGUA Y CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO

Cualquier obra u actividad realizada en proyectos, como el actual, tienen consecuencias tanto positivas como negativas y de diversas magnitudes. Entre los impactos potenciales que se pueden presentar durante la ejecución del Proyecto, existen los siguientes:

- Las emisiones a la atmosfera pueden aumentar, lo que puede ser indicado por nubes de polvo y humo de escapes de la maquinaria.
- Aumento del nivel de ruido, por la presencia de personal, maquinaria y actividades que previamente no se ostentaban en la zona.
- El suelo puede verse afectado por el incremento de la erosión, por contaminación, la modificación e inestabilidad de taludes. Lo que puede provocar derrumbes y modificación de pendientes.
- La calidad de agua también puede deteriorarse, ya que podría existir presencia de sedimentos, residuos, entre otros parámetros.
- Si no se llevan a cabo las medidas necesarias, especies de flora y fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, pueden verse comprometidas. El hábitat en donde se desarrollan las especies existentes en el área del proyecto podrían perderse.
- Modificación del paisaje.
- A nivel económico, se generarán empleos tanto directos como indirectos y aumentarían los niveles de ingreso a nivel local.

Las medidas propuestas en este documento se fundamentan en el análisis ambiental desarrollado a lo largo del mismo, en su viabilidad de aplicación y en el cumplimiento de las normativas emitidas por las autoridades competentes en materia de impacto ambiental.

Estas acciones de prevención, mitigación y compensación están diseñadas para atender los efectos que la intervención tendrá sobre la biodiversidad, incluyendo la flora y fauna

silvestres, así como sobre los recursos suelo, agua y carbono. Esto se alinea con lo establecido en el artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, que busca asegurar que los ecosistemas afectados conserven su biodiversidad y que se minimicen daños como la erosión del suelo, la reducción en la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro del agua o la disminución en su captación, especialmente en las zonas donde se remueva vegetación forestal.

Asimismo, se cumple con el Artículo 12, fracción VI, del Reglamento en materia de Evaluación de Impacto Ambiental de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (REIA), que exige establecer medidas para prevenir o reducir los impactos negativos del proyecto.

Como parte de la compensación ambiental, se propone un programa de conservación enfocado en la protección del suelo, el agua y la captura de carbono, junto con acciones específicas para el rescate y reubicación de la flora y fauna silvestres. Estas estrategias se detallan a lo largo del DTU-B. Finalmente, se presentan las medidas concretas para atender los impactos identificados mediante acciones de prevención, mitigación y/o compensación.

9.2. EN FUNCIÓN DE LO ANTERIOR, ESTABLECERSE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN O MITIGACIÓN PARA REDUCIR LOS EFECTOS NEGATIVOS QUE SE OCASIONARÁN A DICHOS RECURSOS

A continuación, se presentan las acciones a implementar que promuevan la prevención y mitigación de los efectos negativos derivados de las actividades de CUSTF en sus diferentes etapas. Las acciones mencionadas se denominan Medidas de Prevención, Mitigación y Compensación, las cuales tienen como propósito anticiparse, corregir, reducir o contrarrestar los posibles impactos negativos que podrían generarse sobre los componentes del medio natural, físico y social. Su finalidad es asegurar la protección del entorno ambiental en todas las etapas de desarrollo del CUSTF: antes, durante y después de su ejecución.

A continuación, se detallan los distintos tipos de medidas que forman parte del Proyecto.

- **Medidas Preventivas**

También conocidas como medidas protectoras, su función es evitar, en la medida de lo posible, los daños e impactos negativos generados por las actividades de un Proyecto. Esto debe ser antes de que se lleguen a producir tales impactos sobre el entorno.

- **Medidas de Mitigación**

Se consideran a todas aquellas políticas, estrategias, obras o acciones tendientes a minimizar los impactos adversos que pueden presentarse durante las etapas de ejecución de un Proyecto y mejorar la calidad ambiental aprovechando el potencial existente.

- Medidas de Compensación

Es el conjunto de acciones que buscan la bonificación de los daños provocados por los impactos ambientales negativos que no pudieron ser atenuados o prevenidos.

9.2.1. Medidas de Prevención

A continuación, se enlistan las acciones que deberán realizarse como medidas de prevención generales contra los impactos que se generarán por la ejecución del proyecto, así como la descripción de cada una de ellas:

Medidas	Descripción
Pláticas y/o Cursos de Capacitación y Concientización Ambiental	Deberán realizarse previo al CUSTF, manejando un enfoque preventivo, dirigido a todo el personal que labore en el proyecto y que acompañará al personal técnico, abarcando temas de importancia ambiental como: manejo adecuado y disposición de residuos, protección de especies, uso de equipo de protección personal, seguridad e higiene, etc., así como los detalles de la ejecución del CUSTF y las medidas que establezca la autoridad en su momento
Delimitación del sitio del proyecto y del CUSTF	Se delimitarán las áreas pertinentes, con la finalidad de evitar afectaciones en áreas aledañas durante las actividades de desmonte y despalme. Será indispensable el apoyo tanto de especialistas como de personal que conozca la zona, para prevenir daños severos a los factores ambientales por medio de la caza, captura y/o comercialización de especies.
Mantenimiento preventivo para equipo y/o maquinaria	Se establecerán periodos de mantenimiento preventivo para el equipo y/o maquinaria, con el objeto de que funcionen correctamente a lo largo del proyecto. De identificar desperfectos, se aplicarán mantenimientos correctivos fuera del sitio del proyecto, en lugares especializados y autorizados en el rubro.
Ahuyentamiento de Fauna Silvestre	Se formará un grupo de trabajadores, quienes realizarán un recorrido diario sobre el área del proyecto, con el objetivo de generar ruido por medio de instrumentos metálicos y/o bocinas para ocasionar que la Fauna presente en los alrededores se movilice hacia otras zonas. Estos recorridos deben realizarse durante las primeras horas del día, para ahuyentar principalmente aves, reptiles y mamíferos pequeños. Se evitará que el personal de campo lleve perros consigo, ya que podrían lastimar, estresar y/o matar a la Fauna del sitio. De igual forma, se prohibirá que los trabajadores efectúen acciones de cacería, captura y comercialización de especies.
Programas de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna	Los mencionados Programas se implementarán durante la etapa de Preparación del Sitio, para la identificación de especies florísticas y faunísticas de importancia y que necesitarán de las actividades de rescate, para su posterior reubicación en una zona previamente delimitada que comparta las características de su hábitat natural. Los programas se presentan a detalle en el Capítulo 11 del presente estudio, y contarán con el seguimiento pertinente. De igual manera, se dispondrán letreros alusivos que recalquen la importancia de cumplir las actividades mencionadas, a lo largo de la superficie de CUSTF. Algunos rubros de temática ambiental que se plasmarán serán: No tirar basura, prohibido cazar, prohibido utilizar materiales inflamables, etc. Además, se elaborarán letreros vinculados a la separación correcta de los residuos que se generen. Cabe recalcar que, durante las pláticas de

Medidas	Descripción
	concientización, se les explicará a los trabajadores la manera en que deberán clasificar dichos residuos. Además, se hará hincapié en el uso constante del equipo de seguridad.

Tabla 1. Medidas de Prevención Aplicables al Proyecto.

9.2.2. Medidas de Mitigación

9.2.2.1. Generales

A continuación, se describen las medidas de mitigación generales, es decir, las que se deberán tomar en cuenta a lo largo del proyecto y que, además, son de gran importancia para el correcto desarrollo del mismo:

- **Equipo de Protección Personal**

Para garantizar la seguridad del personal, se les proporcionará el equipo e indumentaria adecuada para la realización de sus actividades.

- **Equipo de seguridad**

Se deberá contar con material de apoyo en caso de emergencias: extintores portátiles, botiquín de primeros auxilios, lámparas de emergencia, señaléticas (de acuerdo con los lineamientos de la Normatividad vigente), así como cualquier otro aditamento que se considere pertinente a fin de mitigar los efectos de siniestros.

- **Empleo de Bitácoras**

Del mismo modo, se implementará el uso de bitácoras de actividades como evidencia de registro y control de las condiciones que se susciten durante las actividades del CUSTF.

- **Instalación de letreros**

Se colocarán letreros alusivos que recalquen la importancia de cumplir con las actividades autorizadas y las medidas prestablecidas para el proyecto, aunado a señalamientos restrictivos de las actividades no permitidas dentro del sitio y las medidas de seguridad para el área de trabajo. Se situarán a lo largo de la superficie del proyecto, abarcando temáticas como: No tirar basura, prohibido cazar, prohibido utilizar materiales inflamables, prohibido extraer Flora y Fauna silvestre, separación de residuos sólidos.

En la Figura 1, se presentan ejemplos de dichos carteles.



Figura 1. Ejemplos de Letreros.

- **Residuos Sólidos Urbanos (RSU)**

Los RSU generados por las actividades del proyecto, deberán ser colocados en contenedores rotulados con las leyendas correspondientes. Se promoverá la separación de basura como mínimo entre orgánicos e inorgánicos. Durante la etapa de preparación y construcción, se recogerán diariamente al concluir la jornada laboral y serán dirigidos al punto de recolección, donde el servicio recolector municipal se encargará de transportarlos al sitio de disposición final.

Durante la etapa de operación y mantenimiento, se recolectarán los residuos de los botes de basura y serán dirigidos a los puntos de recolección municipal en los días establecidos por el servicio de limpia municipal.

- **Residuos Peligrosos (RP)**

En caso de ser necesario, los **Residuos Peligrosos (RP)** que pudiesen generarse (botes de aceites, lubricantes, estopas, etc.), serán depositados en recipientes, rotulados, herméticos y establecidos en un almacén temporal. Posteriormente, serán recolectados por una Empresa autorizada que se encargará de su manejo y disposición final.

9.2.2.2. Factores Ambientales Físicos

A continuación, se describen las acciones que se llevará a cabo para mitigar los impactos ambientales ocasionados por factores ambientales:

Atmósfera

- Se vigilará que los vehículos y equipos estén en buenas condiciones de operación y mantenimiento, lo que evitará la contaminación tanto del aire (por emisión de gases y partículas) como del suelo y agua (por fuga de aceites, combustibles o cualquier otro hidrocarburo).
- De considerarse necesario, riegos regulares con agua cruda en áreas de terracería en donde se lleven a cabo las actividades del proyecto, con la finalidad de humedecer las áreas y reducir la emisión de polvos y partículas a la atmósfera.

- La maquinaria y vehículos utilizados a lo largo del proyecto deberán hacer uso de silenciadores.
- Al utilizar camiones volteo para la carga y retiro de material despalmado, se cubrirán las cajas con lonas para evitar la dispersión del material.
- Los vehículos y máquinas deberán desplazarse en velocidades bajas para disminuir la generación de polvos al mínimo.
- Los conductores deberán apagar los equipos y/o vehículos que utilicen combustibles fósiles cuando estos se encuentren inactivos o durante los tiempos de espera de carga y descarga sean mayores a 5 minutos.
- Se prohíben las fogatas, la quema de residuos y el uso de agroquímicos.
- El material producto del despalme será colocado en pilas, mismas que serán cubiertas con lonas aseguradas al suelo para evitar la dispersión de polvos y partículas. Asimismo, serán humedecidos de forma periódica.

Suelo

- Reducir a un mínimo los movimientos de tierras y la operación de la maquinaria, en medida de lo posible.
- La maquinaria y vehículos transitarán únicamente sobre las áreas autorizadas y las vías de acceso preexistentes.
- Deberán evitarse excavaciones y remociones de suelo innecesarias para evitar la inestabilidad del suelo. Asimismo, evitar el impacto negativo al paisaje de la zona.
- Delimitar el área del proyecto y respetar sus límites, a fin de evitar afectaciones a áreas más grandes.
- Reducir a un mínimo los movimientos de tierras y la operación de la maquinaria, en medida de lo posible, además, evitarse excavaciones y remociones de suelo innecesarias para evitar el incremento de los procesos erosivos.
- Se deberán recolectar, almacenar y triturar los productos del desmonte y despalme para su uso futuro en obras de conservación o en áreas verdes.
- Se realizará la verificación de equipos y maquinas, a fin de que estas estén en condiciones óptimas de trabajo.
- El mantenimiento de vehículos y máquinas, así como su limpieza, se ejecutará en talleres de servicio autorizados. No se deben realizar dentro del sitio. En casos de emergencias que requieran la reparación en el área de trabajo, será necesario el uso de tapetes sanitarios y equipo antiderrames.
- En la medida de lo posible, utilizar materiales de construcción que permitan la infiltración de aguas al suelo (concreto permeable, madera, adoquín, etc.)
- Tras el término del proyecto de CUSTF y de la construcción del inmueble, se realizará un recorrido final para la limpieza general del área.

Agua

- Se respetará siempre que sea posible el patrón de drenaje natural.
- Las desviaciones de caudales superficiales deben evitarse en lo posible, encauzándose las aguas de escorrentía a cursos fluviales ya existentes.
- Se prohíbe el uso de químicos contaminantes como herbicidas, así como la descarga de cualquier tipo de sustancias, contaminantes, materiales o residuos tóxicos que puedan alterar al agua.
- Se prohíbe el uso y aprovechamiento de las aguas superficiales del océano.
- Proporcionar mantenimiento correctivo y preventivo de máquinas y vehículos, evitando fugas que pudieran provocar contaminación hídrica.
- Instalar sanitarios portátiles a razón de 1 por cada 20 trabajadores, para prevenir la contaminación, que deberán de contar con mantenimiento por parte de la empresa arrendadora.
- Quedará prohibido arrojar cualquier tipo de residuos al mar.
- Deberán evitarse excavaciones y remociones de suelo innecesarias para evitar el incremento de escurrimientos superficiales.
- El agua requerida para el proyecto será adquirida mediante pipas y se almacenará temporalmente en recipientes y/o tanques. Se recolectará el agua de las lluvias que pudieran presentarse durante la ejecución del proyecto.
- Realizar la caracterización fisicoquímica del agua superficial de las corrientes cercanas al CUSTF, previo al inicio de las actividades para determinar la calidad del agua actual conforme a los Indicadores de Calidad del Agua de la CONAGUA, para establecer una comparativa tras la ejecución del CUSTF.
- Para la limpieza del inmueble, deberá usarse el agua mínima y hacer uso de limpiadores biodegradables.

9.2.2.3. Factores Ambientales Bióticos

9.2.2.3.1. Flora Silvestre

Para prevenir los impactos ambientales que pudieran afectar la integridad de las especies vegetales, se proponen las siguientes acciones:

- El personal que labore en el sitio del proyecto tendrá prohibido recolectar y/o capturar individuos de Flora silvestre del área, para fines comerciales.
- Delimitar meticulosamente el área autorizada para el cambio de uso de suelo.
- El desmonte y despalme de la vegetación se realizará estrictamente dentro del área delimitada para el proyecto.
- Los restos vegetales y del suelo generados durante las actividades de desmonte, se almacenarán temporalmente para ser triturados y mezclados, para su posterior uso en actividades de conservación y/o en áreas verdes.

- El desmonte se llevará a cabo por medios manuales (hachas y machetes) y en los casos en que sea muy necesario, con medios mecánicos (motosierra) o maquinaria pesada. Cabe resaltar que no se utilizarán sustancias químicas y/o fuego para tal objetivo.
- Se debe asegurar el desmonte al ras del suelo en aquellas áreas de afectación en donde se contemplen actividades de nivelación.
- El derribo del arbolado deberá respetar las áreas no autorizadas, además de efectuarse en forma direccional para evitar la afectación de la vegetación circundante. Se establecerán los márgenes de seguridad de operación conforme a lo establecido en la Normatividad vigente.
- Previo a las actividades de CUSTF, se deberá llevar a cabo el rescate y reubicación de individuos de Flora, enfocado a especies listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III, como se muestra en la Figura 2. Asimismo, se implementará y cumplirá con lo establecido en el Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre que se presenta en el Capítulo 11 del presente DTU.
- De ser viable, el material vegetal que se genere (troncos, ramas, etc.) será utilizado para la construcción de las obras de conservación de suelo y agua que se implementarán como medida de compensación de los impactos ambientales generados por la erosión y el déficit de agua. De ser insuficiente, se triturará para la recuperación de suelo fértil en áreas verdes.
- Evitar daños a individuos de renuevo/regeneración, procurando su rescate y reubicación.
- Utilizar especies nativas en la revegetación de las áreas verdes.



Figura 2. Ejemplo de Actividades de Rescate y Reubicación de Flora.

9.2.2.3.2. Fauna Silvestre

Con el fin de proteger a las especies silvestres que habitan en el área del proyecto, se aplicarán diversas acciones enfocadas en evitar daños durante las labores de desmonte y otras actividades. Estas incluyen las siguientes:

- Ahuyentamiento de las especies. Esto se realizará diariamente previo al inicio de trabajos. Para efectuarlo, se utilizarán distintos utensilios (materiales metálicos,

botellas con piedras, etc, generando ruido durante un recorrido sobre la totalidad de la superficie del proyecto.

- También se hará el rescate y reubicación de animales de lento desplazamiento (anfibios, reptiles, pequeños mamíferos) y la reubicación adecuada de nidos de aves, que deberán reubicarse con ramas cortadas y amarradas a una distancia considerable, en un árbol con la cobertura del hospedero y a la misma altura, ejecutadas por personal capacitado.
- Se prohíbe la caza, captura, comercialización y consumo de fauna silvestre en el área del proyecto y en zonas colindantes, además de medidas para evitar atraerla, como mantener los residuos en contenedores cerrados.
- Se limitará la velocidad vehicular y el desmonte se hará de forma gradual para permitir que los animales se desplacen por sí mismos. En caso necesario, se activará el Programa de Rescate y Reubicación de Fauna, detallado en el Capítulo X del estudio.

En la Figura 3, se puede observar un ejemplo de rescate y reubicación de fauna silvestre.



Figura 3. Ejemplo de Actividades de Rescate y Reubicación de Fauna.

Por la ubicación que tiene el Proyecto respecto a la zona de anidación de la Tortuga Marina, se contemplan las siguientes actividades:

1. **Protocolos de Avistamiento de Fauna Silvestre:**

   En caso de detectar la presencia de cualquier ejemplar de **fauna silvestre**, especialmente especies en categoría de protección como la **tortuga marina**, se priorizará la **integridad física y seguridad del individuo**, notificando de forma inmediata a la **Autoridad Ambiental competente**. Se tendrá especial vigilancia durante las

temporadas de anidación y eclosión, aplicando los criterios establecidos en la normativa ambiental vigente.

2. **Denuncia ante Actividades Ilícitas contra la Fauna:**

   En caso de **captura, daño intencionado o presencia de actos ilegales** hacia la fauna, como el robo o consumo de huevos de tortuga marina, se procederá a realizar la **notificación inmediata a las autoridades correspondientes** (PROFEPA, SEMARNAT o instancia estatal), a fin de iniciar los procedimientos administrativos y legales que correspondan.

3. **Manejo Responsable del Entorno Costero:**

   El área de playa adyacente al proyecto será mantenida **libre de residuos sólidos**, asegurando que no se generen condiciones de riesgo físico o biológico para las tortugas marinas. Se implementarán **jornadas periódicas de limpieza** y se promoverá el **manejo adecuado de residuos** en coordinación con los residentes y personal.

4. **Sensibilización Ambiental hacia Visitantes y Personal:**

   Se fomentará una **cultura de conservación** mediante la difusión de **materiales informativos** dirigidos a los usuarios, turistas y trabajadores que ingresen al área, destacando la **importancia ecológica y legal** de proteger a las tortugas marinas. Esta acción incluirá señalética educativa y capacitación básica sobre conducta responsable en ecosistemas costeros.

5. **Control de Contaminación Lumínica:**

   Durante los periodos críticos de anidación y eclosión, se implementará un esquema de **gestión lumínica ambiental**, el cual contempla:

   - Reducción y restricción del uso de luminarias innecesarias en horario nocturno.
   - Uso exclusivo de **focos ahorradores de baja intensidad** y **luminarias con longitud de onda superior a 560 nm** (tonalidades cálidas).
   - Instalación de **viseras direccionales o pantallas opacas** en luminarias para **evitar el deslumbramiento hacia la playa** y minimizar el riesgo de desorientación de las crías.

La implementación de estas acciones busca evitar interferencias negativas en los procesos naturales de **anidación y orientación de las tortugas**, cumpliendo con los lineamientos de conservación establecidos para especies en riesgo.

9.2.3. Medidas de Compensación

Estas medidas se plantean con el objetivo de dar cumplimiento al Artículo 93, párrafo primero, de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), el cual establece:

"La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de 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, la capacidad de almacenamiento de carbono, 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."

Para alcanzar estos fines, se plantea la implementación de un Programa de Reforestación, conforme a las directrices del Manual de Restauración Forestal y Reconversión Productiva de la CONAFOR (2015). Dicho programa, descrito en el Capítulo 7 del estudio, tiene como propósito la conservación del suelo y del agua como medida compensatoria frente a los impactos detectados. Además, la reforestación servirá como estrategia para compensar la pérdida de carbono derivada del retiro de vegetación, tema desarrollado en el Capítulo 10.

9.2.3.1. Conservación de Suelo y Agua

La elección de las acciones de conservación de suelos está en función de la degradación y tipo de suelos, así como de la cantidad de precipitación presente en el área de estudio. Para el caso particular del presente proyecto, se considera como actividad de Conservación la implementación de un Programa de Reforestación sobre una superficie de 0.8 Ha dentro del Área Natural Protegida (ANP) de Jurisdicción Federal denominada Santuario **"Puerto Arista".**

Como se desglosa en el Capítulo 7, comparando los valores de la disminución de la erosión en el área de reforestación con el aumento en la erosión en el área del proyecto como resultado de las actividades de CUSTF, se determina que la reforestación como una medida de compensación apropiada para la mitigación de la erosión de suelos derivada del proyecto.

De la misma forma, la compensación del índice de infiltración en el área de reforestación comparada con el déficit de infiltración en el área del proyecto como resultado de las actividades de CUSTF, se determina que la reforestación como una medida de compensación apropiada para la mitigación en la disminución de la infiltración derivada del proyecto.

Con el análisis queda establecido que con la implementación de la Reforestación como medida de compensación y mitigación, el presente Proyecto *"No contrapone lo establecido en el Artículo 93 Párrafo Primero de la LGDFS, en el que se menciona que para que un Proyecto en el que se requiera la Autorización del Cambio de Uso del Suelo, la obra no deberá incrementar la tasa erosiva así como no provocar el déficit en la infiltración"* ya que se estará haciendo lo contrario, al disminuir la tasa erosiva y se incrementaría la infiltración.

9.3. LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN SON ACCIONES SUSCEPTIBLES DE SER VERIFICABLES, MEDIBLES Y UBICABLES EN TIEMPO Y LUGAR

9.3.1. Programa de Manejo Ambiental

El Programa de Manejo Ambiental o de Vigilancia Ambiental, es un requisito indispensable para todo Proyecto. En este se encuentran programadas las medidas, acciones y políticas a seguir para: prevenir, eliminar, reducir y/o compensar los impactos adversos que el Proyecto o el conjunto de proyectos puedan provocar en cada fase de su desarrollo.

Por lo tanto, con la aplicación de dichos programas, se asegura una constante vigilancia en el área durante el desarrollo de las actividades que forman parte del CUSTF, con el propósito de evitar la cacería o captura de las especies de fauna silvestre, extracción indebida de la flora, el mal manejo de equipos y maquinaria, así como el de salvaguardar la integridad de los trabajadores, etc.

Dicho programa considerará el seguimiento de las siguientes actividades:

9.3.1.1. Supervisión Técnico-Ambiental

En la Tabla 2, se presenta el Programa General de Trabajo, en donde se incluyen la calendarización de las actividades que forman parte de la supervisión ambiental del presente Proyecto.

Actividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AÑO 1												
SUPERVISIÓN, VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL												
Vigilancia y monitoreo de actividades	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Bitácoras de actividades	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Informes de Actividades		☑		☑		☑						☑
Seguimiento de la Reforestación									☑	☑	☑	☑
Seguimiento y Mantenimiento de las Obras de Conservación de Suelo y Agua												☑
Seguimiento de la Reubicación de Flora Silvestre												☑
AÑO 2												
SUPERVISIÓN, VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL												
Bitácoras de actividades	☑	☑	☑	☑	☑	☑						
Informes de Actividades												☑
Seguimiento y Mantenimiento de las Obras de Conservación de Suelo y Agua			☑			☑			☑			☑
Seguimiento y Mantenimiento de la Reforestación			☑			☑			☑			☑
Seguimiento del Rescate y Reubicación de Flora			☑			☑			☑			☑
AÑO 3												
SUPERVISIÓN, VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL												
Bitácoras de actividades de supervisión y monitoreo			☑			☑			☑			☑
Informes de Actividades												☑
Seguimiento y Mantenimiento de las Obras de Conservación de Suelo y Agua			☑			☑			☑			☑

Actividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Seguimiento y Mantenimiento de la Reforestación			☑			☑			☑			☑
Seguimiento del Rescate y Reubicación de Flora			☑			☑			☑			☑
AÑO 4												
SUPERVISIÓN, VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL												
Bitácoras de actividades de supervisión y monitoreo			☑			☑			☑			☑
Informes de Actividades												☑
Seguimiento y Mantenimiento de las Obras de Conservación de Suelo y Agua			☑			☑			☑			☑
Seguimiento y Mantenimiento de la Reforestación			☑			☑			☑			☑
Seguimiento del Rescate y Reubicación de Flora			☑			☑			☑			☑
AÑO 5												
SUPERVISIÓN, VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL												
Bitácoras de actividades de supervisión y monitoreo			☑			☑			☑			☑
Informes de Actividades												☑
Seguimiento y Mantenimiento de las Obras de Conservación de Suelo y Agua			☑			☑			☑			☑
Seguimiento y Mantenimiento de la Reforestación			☑			☑			☑			☑
Seguimiento del Rescate y Reubicación de Flora			☑			☑			☑			☑
Año 6												
SUPERVISIÓN, VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL												
Bitácoras de actividades de supervisión y monitoreo			☑			☑			☑			☑
Informes de Actividades												☑
Seguimiento y Mantenimiento de las Obras de Conservación de Suelo y Agua			☑			☑			☑			☑
Seguimiento y Mantenimiento de la Reforestación			☑			☑			☑			☑
Seguimiento del Rescate y Reubicación de Flora			☑			☑			☑			☑

Tabla 2. Cronograma de Actividades de la Supervisión Ambiental.

9.3.1.2. Cumplimiento de actividades

Para hacer de conocimiento a la dependencia Federal acerca del cumplimiento de las actividades que se establecen en las condicionantes del Proyecto, se elaborarán reportes o informes de cumplimiento, que deben presentarse en el tiempo y forma establecidos.

9.3.1.3. Rescate y reubicación de flora y fauna silvestre

Para este rubro, se elaborarán y ejecutarán los Programas de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna Silvestre que se establezcan. En ellos, debe describirse a detalle las acciones y metodologías que se emplearán para asegurar el bienestar de las especies que se encuentren. Se presentan los Programas de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna Silvestre en el Capítulo 11 del DTU-B.

9.3.1.4. Conservación de suelo y agua

Como se ha mencionado en apartados anteriores, un requisito de vital importancia al momento de elaborar este documento es señalar el tipo de acciones de conservación que se

implementarán como medida de mitigación y/o compensación para los impactos generados hacia el suelo y el agua, siendo estos la erosión y el déficit en la infiltración.

Para ello, se ha propuesto el Programa de Conservación de Suelo y Agua a través de un Programa de Reforestación y la ejecución de Obras de Conservación de Suelos y Agua, particularmente, Acomodo de Materia Vegetal Muerto, que se detallan en el Capítulo 7 del presente estudio. Esto con la finalidad garantizar la protección y preservación del medio natural que se verá afectado por las actividades y obras derivadas del Proyecto.

9.3.1.5. Captación de carbono

A través de la reforestación se pretende fomentar la captura y restauración del carbono previamente almacenado, el cual podría perderse debido a la eliminación de la vegetación forestal en zonas donde se ha modificado el uso del suelo. El buen desarrollo de estas acciones, junto con su monitoreo constante, contribuirá significativamente a preservar este valioso servicio ambiental.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
MODALIDAD A (DTU-B)

“CASA DE PLAYA, UBICADA EN PUERTA ARISTA, MUNICIPIO DE TONALÁ, CHIAPAS”

CAPÍTULO 10. SERVICIOS AMBIENTALES QUE SERÁN AFECTADOS POR EL CAMBIO DE USO DE SUELO PROPUESTO

PROMOVENTE: MANUEL FRANCISCO ANTONIO PARIENTE GAVITO

MAYO, 2026

Contenido

CAPÍTULO 10. SERVICIOS AMBIENTALES QUE SERÁN AFECTADOS POR EL CAMBIO DE USO DE SUELO PROPUESTO 1

10.1. Describir la importancia de los servicios ambientales que proporciona el ecosistema a nivel de Cuenca Hidrológico Forestal y área de influencia del proyecto (microcuenca) .. 1

10.2. Indicar de acuerdo con la naturaleza del proyecto y el ecosistema por afectar los servicios ambientales que proporciona y que pudieran ponerse en riesgo 2

10.2.1. Provisión del Agua en Calidad y Cantidad 2

10.2.1.1. Estimación de la Captura de Agua para el área del proyecto 4

10.2.1.1.1. Cálculo del Volumen de Infiltración 4

10.2.1.1.2. Calidad del Agua 4

10.2.2. Captura de Carbono 6

11.2.2.1. Compensación de la Pérdida en la Captura de Carbono 9

10.2.3. Protección de la Biodiversidad del Ecosistema 13

10.2.4. Protección y Recuperación de Suelos 14

10.2.5. Amortiguamiento de Impacto por Fenómenos Naturales 15

10.2.6. Paisaje y Recreación 16

10.2.7. Captura de Contaminantes 17

10.2.8. Modulación o Regulación Climática 17

10.2.9. Generación de Oxígeno 17

10.3. Determinar el grado de afectación o de reducción de los servicios ambientales, indicando si es a nivel de la cuenca o del área de influencia del proyecto 18

10.4. Los servicios ambientales a considerar y analizar son los que establece el Artículo 7 fracción LXI de la LGDFS 19

Lista de Figuras

Figura 1. Esquema general del ciclo hidrológico. 3

Figura 2. Semáforo de Calidad del Agua para el Área de CUSTF. 5

Figura 3. Almacenes de Carbono en las Comunidades Vegetales. 7

Lista de Tablas

Tabla 1. Características del sitio de muestreo de calidad de agua superficiales de la CONAGUA. 5
Tabla 2. Calidad de agua del punto de muestreo OCFSU3019. 6
Tabla 3. Calidad de agua del punto de muestreo OCFSU3020. 6
Tabla 4. Fórmulas alométricas para estimación de biomasa y carbono. 8
Tabla 5. Carbono almacenado en el área de CUSTF. 9
Tabla 6. Fórmulas Alométricas para la Estimación de Biomasa y Carbono en el Área de Reforestación. 10
Tabla 7. Resumen del Crecimiento de Especies propuestas para la Reforestación. 10
Tabla 8. Resumen del Cálculo de Biomasa y Carbono por Individuo en el Área de Reforestación. 11
Tabla 9. Resumen del Cálculo de Biomasa y Carbono en el Área de Reforestación. 12
Tabla 10. Resumen de la Captura de Carbono en el Área de Reforestación. 12
Tabla 11. Comparación de la Captura de Carbono por Actividades Compensatorias. 12
Tabla 12. Especies de Fauna enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III en el Área de CUSTF. 14
Tabla 13. Grado de Afectación de los Servicios Ambientales. 18
Tabla 14. Tipos de Servicios Ambientales analizados. 19

CAPÍTULO 10. SERVICIOS AMBIENTALES QUE SERÁN AFECTADOS POR EL CAMBIO DE USO DE SUELO PROPUESTO

10.1. Describir la importancia de los servicios ambientales que proporciona el ecosistema a nivel de Cuenca Hidrológico Forestal y área de influencia del proyecto (microcuenca)

El cambio en la percepción del valor total de los bosques y como deben ser utilizados está marcado por una creciente concientización sobre la importancia de los **Servicios Ambientales** y por propuestas para captar parte de este valor a fin de reducir la deforestación. La evaluación económica de los servicios ambientales se ha centrado en cuatro bloques fundamentales: *biodiversidad, fijación de Carbono, ciclo hidrológico y educación/ocio*. La conservación de la biodiversidad y la función protectora de suelos y cuencas hidrográficas son los servicios reconocidos desde hace más tiempo, existiendo figuras específicas de protección forestal asociadas a espacios naturales protegidos para cumplir estos objetivos.

El valor de zonas forestales como fijador y almacenador de Carbono es sobradamente conocido, aunque su conceptualización como un servicio ambiental solo ha aparecido cuando la conciencia del papel de las emisiones de Dióxido de Carbono (CO_2) en el cambio climático ha empujado a la firma de acuerdos internacionales y a la ejecución de políticas tendentes a reducirlas. Los servicios de ocio y educación se han incorporado paulatinamente a las funciones ya reconocidas en áreas protegidas a medida que ha aumentado la conciencia ambiental de la sociedad.

La conceptualización de los servicios ambientales queda definida en la *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable,* en el Artículo 7º, Fracción LXI, que a la letra dice:

> *"LXI. Servicios Ambientales: Beneficios que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo forestal sustentable, que pueden ser servicios de provisión, de regulación, de soporte o culturales, y que son necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y que proporcionan beneficios al ser humano. Los ecosistemas forestales funcionan como sumideros de carbono prestando servicios ambientales de absorción, secuestro, fijación y almacenamiento del dióxido de carbono".*

Generalmente, los bosques han sido valorados por los bienes que producen: madera, fruta, látex, plantas medicinales y otros productos no maderables; pero debe tomarse en cuenta que proveen a la sociedad de una serie de beneficios, entre los que se incluyen: el mantenimiento de la calidad del aire, la promoción de climas favorables, la protección de las

funciones hidrológicas y, además de la provisión de agua de calidad para el consumo, la generación y mantenimiento de los suelos, así como su fertilidad.

Dichos beneficios dependen de la manera en que los ecosistemas son afectados por las actividades humanas (Meynard, *et al.*, 2007). La vegetación forestal constituye uno de los ecosistemas más importantes en la Tierra, y son los principales proveedores de servicios ecosistémicos fundamentales para sustentar la vida.

Considerando la definición de la LGDFS, la eliminación de la vegetación por el CUSTF afectará a la mayoría de los servicios ambientales, sin embargo, los efectos más grandes se tendrán en la provisión del agua en calidad y cantidad, la captura de Carbono, la reducción de la biodiversidad del ecosistema y la protección y recuperación de suelos.

10.2. Indicar de acuerdo con la naturaleza del proyecto y el ecosistema por afectar los servicios ambientales que proporciona y que pudieran ponerse en riesgo

En seguida, se mencionan los servicios ambientales por grado de afectación que se verán alterados a consecuencia de las actividades de CUSTF en el área propuesta para el proyecto.

10.2.1. Provisión del Agua en Calidad y Cantidad

La captura de agua, también conocida como ***desempeño hidráulico***, es el servicio ambiental que producen las áreas arboladas al impedir el rápido escurrimiento del agua de lluvia, proporcionando la infiltración de agua que alimenta los mantos acuíferos y la prolongación del ciclo del agua.

El potencial de infiltración de agua de un área arbolada depende de un gran número de factores tales como: la cantidad y distribución de la precipitación, el tipo de suelo, las características del mantillo, el tipo de vegetación y la geomorfología del área, entre otros (Torres y Guevara, 2002).

Los bosques proveen y aprovechan el agua que captan de la atmósfera al atraer la lluvia o captar la humedad del ambiente. Las zonas arboladas de las montañas ayudan a retener la humedad que proviene generalmente del mar. Ahí se lleva a cabo una acumulación de nubes cargadas de agua que la liberan encima de estas regiones. Al contar con un buen sistema de filtrado a través del suelo, el agua llega hasta los acuíferos en el subsuelo, que a su vez son la cuna de ríos y lagos de donde nos proveemos de agua (Figura 1).



Figura 1. Esquema general del ciclo hidrológico.

La participación de los bosques en la captación de agua es determinante, ya que los diferentes estratos de la vegetación captan el agua de la lluvia de la manera más eficiente, canalizándola por medio de las hojas, ramas y tallo hacia el suelo, permitiendo tener una regulación del escurrimiento pluvial evitando que el suelo quede saturado y se erosione. La hojarasca que se encuentra en el suelo del bosque le da la capacidad de funcionar como una esponja para el agua, lo que permite se presente una filtración lenta hacia el suelo y con ello se tiene la recarga de acuíferos.

La energía cinética de las gotas de agua es muy pequeña, pero lo suficientemente fuerte como para romper los agregados del suelo. Cuando esto sucede las partículas de suelo tapan los micro-poros, generando una costra impermeable al paso del agua. Al no infiltrarse, el agua viaja por la superficie del suelo generando escorrentía que lo erosiona. La presencia del mantillo sobre el suelo absorbe esta energía cinética de las gotas de agua; disminuyendo el efecto erosivo.

En condiciones naturales, el agua se infiltra normalmente a menos que la intensidad de la lluvia rebase las tasas de infiltración, lo cual ocurre durante fuertes tormentas. El agua que alcanza a cruzar la barrera superficial pasando a los otros horizontes del suelo, permitiendo la recarga de acuíferos y sale del suelo por diferentes escorrentías dependiendo la topografía del terreno y la permeabilidad del suelo o conductividad hidráulica.

Con lo anterior, podemos concluir que, con la eliminación de la vegetación en las **270.9205 hectáreas** propuestas para CUSTF, se modificará el patrón de los escurrimientos superficiales, se captará menor cantidad de agua de infiltración y por consecuencia, la recarga de los mantos acuíferos disminuirá.

10.2.1.1. Estimación de la Captura de Agua para el área del proyecto

Con base en las expresiones descritas y desarrolladas en el **Capítulo 7** del presente documento, se estimó el coeficiente de escurrimiento (Ce) y el escurrimiento anual (Ve) para el área del proyecto.

10.2.1.1.1. Cálculo del Volumen de Infiltración

La metodología para calcular la captura de agua en el área del proyecto se presenta en el **Capítulo 7** del presente estudio. De los resultados obtenidos se desprende que el Área de CUSTF recibe en promedio anualmente 3,872.0482 m^3 (100%) de agua por medio de la precipitación, de la cual 835.5260 m^3 (21.58%) se pierden en los escurrimientos superficiales; 346.8263 m^3 (8.96%) regresan a la atmósfera por evapotranspiración 2,689.6958 m^3 (69.46%) se infiltran contribuyendo a la recarga de acuíferos.

Por lo que, para conocer las condiciones tras el cambio de uso del suelo, se realizó un pronóstico de la situación. Para este caso, de los resultados obtenidos se desprende que el área propuesta, tras la ejecución del CUSTF, recibirá en promedio anualmente 3,872.0482 m^3 (100%) de agua por medio de la precipitación, de la cual 937.4203 m^3 (24.21%) se pierden en los escurrimientos superficiales; 346.8263 m^3 (8.96%) regresan a la atmósfera por evapotranspiración 2,587.8016 m^3 (66.83%) se infiltran contribuyendo a la recarga de acuíferos.

Derivado de lo anterior se establece que, área de CUSTF, tras la remoción de la cubierta vegetal se infiltrarían 2,587.8016 **m^3** de agua de anualmente, tras la ejecución de las actividades de CUSTF, lo que denota un déficit de **101.8942** m^3, el cual deberá mitigarse por medio de la ejecución del ***Programa de Conservación de Suelo y Agua*** a través de la implementación de *Obras de Conservación de Suelos y Agua y un Programa de Reforestación*, descrito en el **Capítulo 7** de este documento, y demostraron que con su implementación se mitiga por completo el déficit en la infiltración del agua que se presentaría una vez ejecutado el CUSTF.

Las actividades del Programa deberían implementarse al interior del SA, con el objeto de compensar y mitigar los efectos en el déficit de infiltración de aguas que se ocasionarán por la ejecución del CUSTF; se propone la implementación de un Programa de Conservación de Suelos y Agua por medio de la Reforestación dentro de una superficie total de 0.8 Ha en un polígono dentro del SA y el Área Natural Protegida Santuario Puerto Arista.

10.2.1.1.2. Calidad del Agua

Para la calidad del agua de las corrientes de agua cercanas al proyecto de CUSTF, se consultaron los datos de los indicadores de la calidad del agua superficial de la Red Nacional

de Medición de la Calidad del Agua operada por la Gerencia de Calidad del Agua de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Para la determinación sobre la clasificación de la calidad de un determinado sitio, se utiliza un semáforo de calidad del agua basado en intervalos de concentración de cada parámetro indicador en una escala de color, con verde representando una mejor calidad, amarillo una calidad intermedia y rojo mala calidad (Figura 2).

Indicador	No cumple	Cumple
DBO	Rojo	Verde
DQO	Rojo	Verde
TOX	Rojo	Verde
ENTEROC	Rojo	Verde
E_COLI	Amarillo	Verde
CF	Amarillo	Verde
SST	Amarillo	Verde
OD%	Amarillo	Verde

Figura 2. Semáforo de Calidad del Agua para el Área de CUSTF.

Si los resultados de calidad indican incumplimiento en uno más de los primeros 4 indicadores (DBO, DQO, TOX, ENTEROC), el sitio se pinta de rojo. Si los resultados de calidad de agua indican incumplimiento en unos o más de los siguiente 4 indicadores (E_COLI, CF, SST, OD%) el sitio se pinta de amarillo. En caso de cumplir con todos los indicadores, el semáforo se pone en verde.

Consultando los datos geográficos de los indicadores de calidad del agua superficial a nivel nacional, se identificaron los puntos de monitoreo más cercanos al proyecto de CUSTF:

Clave de sitio	Sitio	Municipio	Cuerpo de agua	Tipo	Coordenadas Geográficas	
					Longitud	Latitud
OCFSU3019	Puerto Arista	Tonalá	Océano pacífico	Costero (Humedal)	-93.851478	15.953019
OCFSU3020	Puerto Arista	Tonalá	Océano pacífico	Costero (Humedal)	-93.846308	15.950333

Tabla 1. Características del sitio de muestreo de calidad de agua superficiales de la CONAGUA.

A continuación, en la siguiente tabla se presentan los valores del periodo de 2012 a 2024, de los indicadores de los sitios de monitoreo previamente mencionados, así como el color de semáforo aplicable:

Clave de Sitio: OCFSU3019																
DBO		DQO		SST		Coliformes Fecales		E. coli		OD		TOX F		TOX V		Semáforo
mg/L	Cal.	mg/L	Cal.	mg/L	Cal.	NMP 100mL	Cal.	NMP 100mL	Cal.	PORC	Cal.	UT	Cal.	15_UT	Cal.	
--	--	--	--	52	B.	17.69	E.	3.2895	E.	75	E.	2.01	T. M.	1.88	T.M..	VERDE

TOX D= Toxicidad Daphnia magna, 48 horas; TOX V= Toxicidad Vibrio fischeri, 15 minutos; SST= Solidos Suspendidos Totales; UT= Unidades de Toxicidad; OD= Oxígeno Disuelto; Cal.= Calidad del parámetro; FC= Fuertemente contaminada; N. T.= No tóxico; T. B.= Toxicidad Baja; T.M.= Toxicidad Moderada; B.= Calidad Buena; A= Calidad Aceptable; E= Calidad Excelente, E. coli: Escherichia coli

Tabla 2. Calidad de agua del punto de muestreo OCFSU3019.

Clave de Sitio: OCFSU3020																
DBO		**DQO**		**SST**		**Coliformes Fecales**		**E. coli**		**OD**		**TOX F**		**TOX V**		**Semáforo**
mg/L	Cal.	mg/L	Cal.	mg/L	Cal.	NMP 100mL	Cal.	NMP 100mL	Cal.	PORC	Cal.	UT	Cal.	15_UT	Cal.	
--	--	--	--	58	B.	16.39	E.	3.2030	E.	72.6	E.	<1	N. T.	<1	N.T..	VERDE

TOX D= Toxicidad Daphnia magna, 48 horas; TOX V= Toxicidad Vibrio fischeri, 15 minutos; SST= Solidos Suspendidos Totales; UT= Unidades de Toxicidad; OD= Oxígeno Disuelto; Cal.= Calidad del parámetro; FC= Fuertemente contaminada; N. T.= No tóxico; T. B.= Toxicidad Baja; T.M.= Toxicidad Moderada; B.= Calidad Buena; A= Calidad Aceptable; E= Calidad Excelente, E. coli: Escherichia coli

Tabla 3. Calidad de agua del punto de muestreo OCFSU3020.

El sitio OCFSU3020 es el más cercano al área de CUSTF, mientras que el sitio OCFSU3019 incide dentro del área del SA.

Con base en los resultados obtenidos, se constata que el sitio de monitoreo presenta condiciones de calidad del agua clasificadas como favorables, en concordancia con la categorización final del semáforo en color Verde. Los parámetros analizados evidencian una baja carga orgánica, niveles adecuados de oxígeno disuelto que garantizan condiciones aeróbicas estables, concentraciones moderadas de indicadores bacteriológicos de origen fecal dentro de los límites permisibles y ausencia de efectos de toxicidad aguda.

En conjunto, estos indicadores fisicoquímicos y microbiológicos reflejan un estado trófico controlado, lo que sugiere estabilidad en los procesos biogeoquímicos y ausencia de presiones antrópicas significativas dentro del sistema hidrológico.

A fin de corroborar que el proyecto no causará el deterioro de la calidad del agua, se propone la ejecución de muestreos de agua en las corrientes cercanas al CUSTF, de preferencia en los puntos establecidos por la CONAGUA a fin de contar con márgenes de referencia, con el objetivo de cerciorarse que los parámetros de calidad del agua se encuentren dentro de rangos similares.

10.2.2. Captura de Carbono

La captura de Carbono se considera un servicio ambiental de gran importancia y puede definirse como la extracción y almacenamiento de Dióxido de Carbono (CO_2) en forma de biomasa proveniente de los bosques, la tierra en suelos y los océanos, evitando su llegada a la atmósfera.

La mayoría de los procesos productivos y actividades domésticas requieren el uso de energía derivada de combustibles fósiles. El proceso de combustión de dichas sustancias emite óxidos de Carbono, principalmente CO_2 y otros gases que contribuyen al calentamiento atmosférico global, proceso que ha aumentado 3.5 veces en los últimos 50 años y la cantidad

de estos gases en la atmósfera se ve incrementada como consecuencia del cambio del uso del suelo. Se estima que un tercio de las 3.7 Ton de CO_2 que se emite por habitante en el país, se origina a través de los procesos de deforestación, cambio del uso del suelo y quema de leña.

Los ecosistemas terrestres, especialmente los bosques y selvas, funcionan como importantes reservorios o almacenes de Carbono (C) en la biomasa aérea (hojas, tallos, troncos y ramas) y subterránea (raíces) (Figura 3). Estos ecosistemas, a través de procesos de fotosíntesis, actúan como grandes "esponjas", donde el carbono se retiene en la biomasa de las plantas y en el suelo.

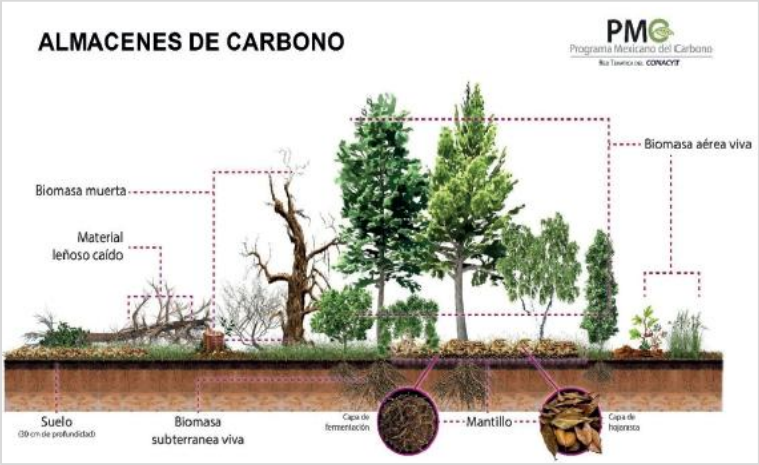


Figura 3. Almacenes de Carbono en las Comunidades Vegetales.

Con lo anterior se reafirma la importancia de la vegetación forestal, dado que bosques y selvas capturan, almacenan y liberan Carbono como resultado de los procesos fotosintéticos, de respiración y de degradación de la materia seca. El saldo es una captura neta positiva cuyo monto depende del manejo que se le dé a la cobertura vegetal, así como de la edad, distribución de tamaños, estructura y composición de ésta. Este servicio ambiental que proveen bosques o selvas como sumideros de Carbono permite equilibrar la concentración de este elemento, misma que se ve incrementada debido a las emisiones producto de la actividad humana (Torres y Guevara, 2002).

Para el presente estudio, se utilizaron métodos indirectos para la estimación de la biomasa aérea (BA) y subterránea (BS) para el cálculo del contenido de carbono almacenado en la superficie forestal donde se efectuará el CUSTF. Para lo anterior, se hizo uso de ecuaciones alométricas, los cuales son modelos matemáticos que permiten la estimación de la biomasa que relacionan las características físicas de los árboles, como el diámetro normal (D) y altura (H). Una vez que se tiene el valor de la biomasa (en kilogramos o toneladas) se puede obtener el contenido de Carbono a través de factores de conversión.

De conformidad con las directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) (1996), este factor es 0.5, lo que implica que aproximadamente el 50% del total de la biomasa de los árboles vivos se considera Carbono.

Las estimaciones de la biomasa se calcularon a partir de ecuaciones alométricas aplicadas en bosques y selvas tropicales de México. Para lo anterior, de conformidad con la bibliografía consultada, se pueden hacer uso de modelos generales según el tipo de ecosistema. Partiendo de esto, en el presente estudio se hizo uso de dos fórmulas generales: una para estimar BA de latizales propuesta por Nacimiento y Laurance (2002) dada la falta de arbolado con diámetro normal mayor a 5 cm; mientras que, para la BS, se usó la sugerida por Cairns *et al.* (1997) que es aplicada para todas las especies y en todos los tipos de ecosistemas.

En cuanto a la biomasa subterránea, esta fue estimada de acuerdo con los valores de biomasa aérea obtenida anteriormente, ya que la ecuación empleada considera esta variable para estimarla (Cairns *et al.* 1997). Posteriormente, con el valor de la BA y BS, se procedió a calcular el contenido de Carbono, aplicando el factor de conversión de 0.5, de acuerdo con lo señalado en las directrices del IPCC (1996). Una vez determinado esto, ya que los resultados son obtenidos en kilogramos, se realizó la conversión a toneladas y, además, los resultados se extrapolaron utilizando los cálculos del total de individuos presentes en el área de CUSTF.

A continuación, en la Tabla 3 se enlistan las ecuaciones alométricas generales utilizadas para la estimación de la BA y BS, y aquellas específicas que fueron utilizadas para determinar la BA de cada una de las especies forestales que se identificaron en el sitio del proyecto.

Fórmulas Alométricas		
Fórmulas Generales		
Concepto	**Fórmula**	**Referencia**
Biomasa Aérea	(EXP(2.4128)*(LN(D))-1.9968)	Nacimiento y Laurance (2002)
Biomasa Subterránea	EXP ((-1.0587) + (0.8836* LN (BA)))	Cairns et al. (1997)
Carbono	C=(B/1000) * FCBC	López et al. (2017)
Factor de Conversión de Biomasa a Carbono	FCBC= 0.5	IPCC (1996)
Donde B = Biomasa (kg); C= Carbono en Toneladas; DAP= Diámetro a la altura del pecho (cm); H= Altura (m); FCBC= Factor de Conversión de Biomasa a Carbono.		

Tabla 4. Fórmulas alométricas para estimación de biomasa y carbono.

El cálculo de la biomasa y la estimación de Carbono en el área de CUSTF, de acuerdo con las fórmulas presentadas, se muestra en la Tabla 4. Además, la memoria de cálculo se adjunta en formato digital al DTU en un archivo Excel. Enseguida, se presenta la estimación de la captura en el área propuesta a CUSTF:

Carbono Aéreo (Ton)	Carbono Subterráneo (Ton)	Carbono Total (Ton)
0.00025	0.00012	0.00036

Tabla 5. Carbono almacenado en el área de CUSTF.

De esta manera, se obtiene que el área del CUSTF se almacenan **0.00025 Ton de C** de forma aérea y **0.00012 Ton de C** subterráneo, siendo un total de **0.00036 Ton de C**, mismos que deberán ser recuperados mediante las medidas de compensación establecidas.

11.2.2.1. Compensación de la Pérdida en la Captura de Carbono

Derivado del análisis realizado en el apartado anterior, se determinó que en las **0.2501 Ha** donde actualmente se encuentra la vegetación forestal y donde se pretende realizar el CUSTF, se dejarán de capturar en promedio un total de **0.00036 Ton** de Carbono.

Con base a lo anterior, la medida de compensación a establecer para recuperar el Carbono que será liberado producto de la remoción de la cobertura vegetal en el área del proyecto, es la ***reforestación***. En este sentido, es importante recalcar que las actividades del Programa deben implementarse, en la medida de lo posible, al interior de la SA, con el objeto de compensar y mitigar los efectos de la captura de Carbono que se ocasionarán por la ejecución del CUSTF; por lo que se propone la implementación de un Programa de Conservación de Suelos y Agua por medio de la Reforestación dentro de una superficie total de 0.8 Ha en un polígono dentro del SA y el Área Natural Protegida Santuario Puerto Arista.

A fin de demostrar que la reforestación podrá compensar la pérdida de Carbono por las actividades del proyecto, se realizó la estimación del incremento de la biomasa y de Carbono anualmente a través de ecuaciones alométricas y de los valores de crecimiento anual de las especies consideradas para llevar a cabo la reforestación.

Como se mencionó en el Capítulo 7, se consideran tres especies, *Casearia corymbosa, Vachellia collinsii, Neltuma juliflora*, para efectuar la reforestación. Para el cálculo del Carbono que será almacenado año con año por los individuos considerados para la reforestación, se utilizaron las ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa indicadas en la Tabla 3. Sin embargo, a continuación, se presentan nuevamente:

Fórmulas Alométricas		
Generales		
Concepto	**Fórmula**	**Referencia**
Biomasa Subterránea	BS= exp [(-1.0587) + (0.8836* ln (BA))]	Cairns *et al.* (1997)
Conversión de Biomasa a Toneladas	CT= (B/1,000)*FCBT	López *et al.* (2017)
Factor de Conversión de Biomasa a Carbono	FCBC= 0.5	IPCC (1996)
Específicas por Género/Especie		
Especie	**Fórmula**	**Referencia**
Casearia corymbosa	BA=(-2.108)+0.210*(D)*(H)	Reserva de Acción Climática (2023)

Fórmulas Alométricas		
Vachellia collinsii	BA = (0.1245 * (D) ^ (2.4163)	Reserva de Acción Climática (2023)
Neltuma juliflora	BA = 34.47-8.0671*D+0.6589*D^2	Brown, S. (1997)
Dónde: BA = Biomasa Aérea; BS= Biomasa Subterránea; D= Diámetro; H= Altura; FCBC= Factor de Conversión de Biomasa a Carbono; CT= Conversión de Biomasa a Toneladas		

Tabla 6. Fórmulas Alométricas para la Estimación de Biomasa y Carbono en el Área de Reforestación.

Asimismo, para conocer el crecimiento de las especies propuestas, se realizó la revisión exhaustiva de manera bibliográfica, lo que permitió conocer las tasas de crecimiento anual del diámetro y el máximo que estas puedan alcanzar. Con esta información, se pudo estimar la captura anual de Carbono por individuo. En la Tabla 7, se presenta el crecimiento de las especies abarcando un período de **seis (6) años**.

Nombre Científico	Nombre Común	TCA D (cm)	TCA H (cm)	Tiempo					
				1	2	3	4	5	6
Casearia corymbosa	Cafecito	1.10	-	1.10	2.20	3.30	4.40	5.50	6.60
		-	60	60.00	120.00	180.00	240.00	300.00	360.00
Vachellia collinsii	Ixcanal	0.65	-	0.65	1.30	1.95	2.60	3.25	3.90
Neltuma juliflora	Huizache	0.42	.	0.42	0.84	1.26	1.68	2.10	2.52

Tabla 7. Resumen del Crecimiento de Especies propuestas para la Reforestación.

Con la información proporcionada, se realizó la estimación de la biomasa aérea utilizando las ecuaciones correspondientes. De la misma forma, a partir de los datos de la BA, se calculó la biomasa subterránea. Posteriormente, se llevó a cabo la conversión de ambas biomasas a Carbono.

En la Tabla 8 se presenta los resultados obtenidos, es importante aclara que, por la extensión del contenido, se presenta un resumen de la estimación de biomasa de las especies, considerando intervalos de dos años, abarcando un período de 16 años. Para una consulta más detallada de los datos, se adjunta a este ETJ la memoria de cálculo en formato digital Excel.

Estimación de Biomasa y Carbono									
Biomasa Aérea (Kg)									
Nombre Científico	**Nombre Común**	**Tiempo**							
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**		
Casearia corymbosa	Cafecito	11.752	53.332	122.632	219.652	344.392	496.852		
Vachellia collinsi	Ixcanal	0.044	0.235	0.625	1.253	2.148	3.337		
Neltuma juliflora	Huizache	31.158	28.000	24.995	22.143	19.444	16.898		
Conversión a Carbono Aéreo (Ton)									
Nombre Científico	**Nombre Común**	**Tiempo**							
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**		
Casearia corymbosa	Cafecito	0.006	0.027	0.061	0.110	0.172	0.248		
Vachellia collinsi	Ixcanal	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002		
Neltuma juliflora	Huizache	0.016	0.014	0.012	0.011	0.010	0.008		
Biomasa Subterránea (Kg)									
Nombre Científico	**Nombre Común**	**Tiempo**							

Estimación de Biomasa y Carbono							
		1	2	3	4	5	6
Casearia corymbosa	Cafecito	3.060	11.646	24.305	40.679	60.527	83.676
Vachellia collinsi	Ixcanal	0.022	0.096	0.229	0.423	0.682	1.006
Neltuma juliflora	Huizache	7.243	6.591	5.961	5.356	4.775	4.218
Conversión a Carbono Subterráneo (Ton)							
Nombre Científico	**Nombre Común**	**Tiempo**					
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Casearia corymbosa	Cafecito	0.00153	0.00582	0.01215	0.02034	0.03026	0.04184
Vachellia collinsi	Ixcanal	0.00001	0.00005	0.00011	0.00021	0.00034	0.00050
Neltuma juliflora	Huizache	0.00362	0.00330	0.00298	0.00268	0.00239	0.00211

Tabla 8. Resumen del Cálculo de Biomasa y Carbono por Individuo en el Área de Reforestación.

Los valores anteriores fueron generados por individuo, por lo que es necesario extrapolar esto al total de individuos previstos para efectuar la reforestación. Considerando un área de **0.8 Ha**, con un diseño de siembra de tres-bolillo con una distancia entre plantas de 3 metros, se requieren un total de **1,027 plantas** para la reforestación proyectada.

De acuerdo con lo anterior, en seguida se presenta la estimación de BA y BS, así como la captura de Carbono que se tendrá por anualidad. Se hace mención que la memoria de cálculo se adjunta en formato digital al DTU en un archivo Excel.

Estimación de Biomasa y Carbono								
Biomasa Aérea (Kg) en el Área de Reforestación								
Nombre Científico	**Nombre Común**	**Número de Árboles**	**Tiempo**					
			1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Casearia corymbosa	Cafecito	343	4,030.94	18,292.88	42,062.78	75,340.64	118,126.46	170,420.24
Vachellia collinsi	Ixcanal	342	15.04	80.26	213.80	428.45	734.61	1,141.26
Neltuma juliflora	Huizache	342	10,656.17	9,575.99	8,548.19	7,572.77	6,649.74	5,779.09
Total		**1,027**	**14,702.15**	**27,949.13**	**50,824.77**	**83,341.86**	**125,510.81**	**177,340.59**
Conversión a Carbono Aéreo (Ton) en el Área de Reforestación								
Nombre Científico	**Nombre Común**	**Número de Árboles**	**Tiempo**					
			1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Casearia corymbosa	Cafecito	343	2.015	9.146	21.031	37.670	59.063	85.210
Vachellia collinsi	Ixcanal	342	0.008	0.040	0.107	0.214	0.367	0.571
Neltuma juliflora	Huizache	342	5.328	4.788	4.274	3.786	3.325	2.890
Total		**1,027**	**7.351**	**13.975**	**25.412**	**41.671**	**62.755**	**88.670**
Biomasa Subterránea (Kg)								
Nombre Científico	**Nombre Común**	**Número de Árboles**	**Tiempo**					
			1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Casearia corymbosa	Cafecito	343	532.05	2,024.72	4,225.60	7,072.22	10,522.97	14,547.37
Vachellia collinsi	Ixcanal	342	3.80	16.71	39.72	73.41	118.21	174.47
Neltuma juliflora	Huizache	342	1,256.03	1,142.84	1,033.75	928.80	828.02	731.46

Estimación de Biomasa y Carbono								
Total		**1,027**	**1,791.88**	**3,184.27**	**5,299.07**	**8,074.43**	**11,469.21**	**15,453.30**
Carbono Subterráneo (Ton)								
Nombre Científico	**Nombre Común**	**Número de Árboles**	**Tiempo**					
			1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Casearia corymbosa	Cafecito	343	0.266	1.012	2.113	3.536	5.261	7.274
Vachellia collinsi	Ixcanal	342	0.002	0.008	0.020	0.037	0.059	0.087
Neltuma juliflora	Huizache	342	0.628	0.571	0.517	0.464	0.414	0.366
Total		**1,027**	**0.896**	**1.592**	**2.650**	**4.037**	**5.735**	**7.727**

Tabla 9. Resumen del Cálculo de Biomasa y Carbono en el Área de Reforestación.

Con lo anterior, se tiene que, dentro del área de reforestación, se tendrá una captura de **8,633.263 Ton de C**.

Carbono Total (Ton)								
Nombre Científico	**Nombre Común**	**Número de Árboles**	**Tiempo**					
			1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Casearia corymbosa	Cafecito	343	2.281	10.159	23.144	41.206	64.325	92.484
Vachellia collinsi	Ixcanal	342	0.009	0.048	0.127	0.251	0.426	0.658
Neltuma juliflora	Huizache	342	5.956	5.359	4.791	4.251	3.739	3.255
Total		**1,027**	**8.247**	**15.567**	**28.062**	**45.708**	**68.490**	**96.397**

Tabla 10. Resumen de la Captura de Carbono en el Área de Reforestación.

De acuerdo con lo previamente expuesto, a lo largo de los años se observa un incremento en los valores de Carbono almacenados por la reforestación. Dada la baja cantidad de ejemplares arbóreos actualmente en el área del proyecto, desde el año 1 se ve una compensación del carbono a remover por el CUSTF.

Concepto	**Carbono Total (Ton)**
Área de CUSTF	0.00036
Área de Reforestación	96.39700
Diferencia	**96.369664**

Tabla 11. Comparación de la Captura de Carbono por Actividades Compensatorias.

De conformidad con lo presentado, se determinó que las actividades de CUSTF, se liberarán un total de **0.00036 Ton de C** hacia la atmósfera. Sin embargo, con la implementación del Programa de Reforestación, donde a partir del primer año se lograrán capturar un **8.247 Ton de C**.

De conformidad con los resultados obtenidos, y considerando lo establecido en el Párrafo Primero del Artículo 93 de la LFDGS, en donde se indica que "*La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de 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, la capacidad de almacenamiento de carbono, 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.", se concluye que, con la implementación de las actividades de reforestación, ***se compensa la perdida de carbono por las actividades de CUSTF***, cumpliendo con el precepto de excepción establecido en la Ley.

10.2.3. Protección de la Biodiversidad del Ecosistema

La biodiversidad se define, según la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en su Artículo 3°, fracción IV como *"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".*

Los bosques y selvas ofrecen un hábitat a la Flora y la Fauna y, dependiendo de sus condiciones de salud y vitalidad y, en última instancia, de la manera en que es gestionado y protegido, asegura su propia perpetuación mediante el funcionamiento de los procesos ecológicos (Gottle y Sène, 1997). Teniendo como base lo antes citado y considerando la zona donde se pretende la construcción de la obra, puede señalarse que la integridad de la biodiversidad se puede verse amenazada, por ello se hace necesario instrumentar medidas tendientes a minimizar tal efecto o bien a compensar los impactos.

En relación con la **Vegetación de Dunas Costeras** presentes en el área del proyecto analizada en este estudio, **no** se identificaron especies de Flora que se encuentran incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III durante el muestreo de biodiversidad realizado.

Sin embargo, es importante señalar que se tendrá constante vigilancia durante las actividades de CUSTF a fin de identificar las especies dentro del sitio y si estas cuentan con algún estatus de protección. Asimismo, serán recolectadas y relocalizadas, siguiendo los lineamientos del **Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre** que se presenta en el **Capítulo 11** de este DTU.

De igual manera, se deberán tomar diversas medidas para la protección de los individuos de Flora presentes en la zona. Algunas de estas serán las siguientes:

- Se prohibirá a todo el personal que labore en el proyecto, la colecta y comercialización de las especies vegetales, se encuentren o no en la Norma citada con anterioridad.

- La implementación de actividades de rescate y reubicación, con la finalidad de recuperar la abundancia de esta especie.
- Se instalarán letreros alusivos a la importancia de la protección y conservación de la Flora silvestre.
- Quedará prohibido realizar quemas y/o fogatas.

Para el caso de la Fauna, del registro total para el área de CUSTF, se encontró únicamente una especie incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III (Tabla 12).

Clase	Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059
Reptilia	Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	A (Amenazada)
Aves	Cracidae	*Ortalis leucogastra*	Chachalaca vientre blanco	Pr (Sujeta a protección especial)

Tabla 12. Especies de Fauna enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III en el Área de CUSTF.

Derivado de lo anterior, será necesaria la aplicación de medidas de prevención en el sitio de CUSTF para garantizar su seguridad e integridad:

- Ahuyentamiento de la Fauna (con objetos que generen ruido) previo a las actividades del CUSTF y de forma diaria, antes de iniciar la jornada laboral.
- Ubicación de nidos o madrigueras activas para proceder a su marcaje y establecimiento de un programa de monitoreo hasta que las aves empollen y se encuentren aptas de independizarse de la madre.
- Pláticas de concientización ambiental con todo el personal que labore en el área de estudio y que estará involucrado durante las etapas del CUSTF, resaltando la importancia de conservar la Fauna en el área del proyecto.
- Quedará prohibida la cacería, captura, comercialización y consumo de especies silvestres que se lleguen a encontrar en la superficie de CUSTF y zonas aledañas.

Todas las acciones mencionadas anteriormente, se describen a mayor detalle en el **Programa de Rescate y Reubicación de Fauna**, que se exhibe en el **Capítulo 11** del presente DTU.

10.2.4. Protección y Recuperación de Suelos

Dentro de los servicios ambientales que proporciona la vegetación forestal se encuentra la protección al suelo de los agentes erosivos (erosión hídrica y eólica), así como la recuperación de suelos que fueron degradados con anterioridad. La presencia de árboles y arbustos impiden la erosión de los suelos, ya que sus raíces ayudan a prevenir deslaves.

En las zonas deforestadas, principalmente en las partes con fuertes pendientes, las lluvias torrenciales generan un enorme escurrimiento pluvial que afecta la productividad de las tierras por el arrastre de los nutrientes del suelo, ocasionando la sedimentación en los ríos,

lo cual provoca que sean menos profundos aumentando el riesgo de inundaciones en las partes bajas, incitando la concentración de nutrientes en ríos y cuerpos de agua donde se podría generar eutrofización.

La cantidad de descargas de sedimentos depende de diferentes factores como son: tamaño de la cuenca, tipo de geología, topografía, estabilidad de los márgenes de los ríos, así como el uso de suelo que se presentan en la cuenca. Sin embargo, la principal causa de la sedimentación en las partes bajas de la cuenca es el cambio de uso de suelo (Pagiola, *et al.*, 2006).

Respecto a este servicio ambiental, la valoración del grado de afectación se hizo en función del incremento de la tasa erosiva que se presentaría una vez ejecutado el CUSTF, los valores aquí presentados derivan de la metodología expuesta ampliamente en el Capítulo 6 de este documento.

De esta manera se obtuvieron los siguientes resultados:

- La Erosión Laminar (Hídrica) previo al CUSTF es de **0.4566 Ton/Año**.
- Después de haber realizado el CUSTF, dicha erosión ascenderá a **1.6551 Ton/Año**.
- Por consiguiente, se obtendría una diferencia de **1.1985 Ton/Año**, misma cantidad que será mitigada y/o compensada con la implementación del Programa de Conservación de Suelo y Agua.

Para garantizar la conservación de este servicio ambiental se proponen acciones de conservación, las mismas fueron cuantificadas en el **Programa de Conservación de Suelo y Agua** a través de la implementación de **Obras de Conservación de Suelos y Agua** y un **Programa de Reforestación**, descrito en el **Capítulo 7** de este documento, y demostraron que con su implementación se mitiga por completo el incremento que se presentaría una vez ejecutado el CUSTF.

En este sentido, es importante señalar que, como se indica en el **Capítulo 7**, si bien, las actividades del Programa deberían implementarse al interior de la CHF, con el objeto de compensar y mitigar los efectos de la erosión del suelo que se ocasionarán por la ejecución del CUSTF; se propone la implementación de un Programa de Conservación de Suelos y Agua por medio de la Reforestación dentro de una superficie total de 0.8 Ha en un polígono dentro del SA y el Área Natural Protegida Santuario Puerto Arista.

10.2.5. Amortiguamiento de Impacto por Fenómenos Naturales

Debido a que el área del proyecto quedará desprovista de vegetación, no podrá realizar la función de amortiguamiento de los fenómenos naturales que ocurran dentro del mismo, sin embargo, la vegetación aledaña al área en que se ubica el proyecto y las zonas de

conservación es del mismo tipo a la que se elimina, la cual continuará realizando dicha función. Por lo tanto, se recomienda la correcta y oportuna aplicación de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales abordados en el **Capítulo 9**.

10.2.6. Paisaje y Recreación

Entre los elementos sensoriales que contribuyen con la definición del paisaje, la percepción visual juega un rol de gran importancia, al punto que los elementos esenciales de cualquier paisaje son de naturaleza visual y caracterización de componentes biofísicos y arquitectónicos.

La Vegetación de Dunas Costeras ofrece una considerable belleza escénica en la zona del proyecto. Estos paisajes cambiarán dando paso a áreas transformadas para el establecimiento de un centro de convenciones y eventos. Es fundamental destacar que en zonas aledañas al sitio donde se desarrollará el Proyecto, se encuentran áreas impactadas por las actividades antrópicas, tales como agricultura y ganadería, viviendas, infraestructura hotelera, comercios y vías de comunicación.

Las superficies designadas para la reubicación de la flora rescatada del área afectada por el CUSTF están planificadas para que, a futuro, se integren a zonas con una vegetación similar o equivalente a la original. Esta estrategia busca compensar los impactos ambientales generados por el desarrollo de las obras y actividades del proyecto. La ejecución de estas medidas contribuye significativamente a la restauración de hábitats, al reubicar especies vegetales en áreas con condiciones ecológicas similares a las de su entorno original. Este proceso permite recuperar zonas degradadas o impactadas por actividades humanas, promoviendo la regeneración natural del paisaje. Además, la reubicación facilita la formación de nuevas comunidades vegetales que actúan como refugios para otras especies y restablecen procesos ecológicos esenciales, como la regulación hídrica, el control de la erosión y el almacenamiento de carbono. De esta forma, se mejora no solo la calidad ambiental del área intervenida, sino también su capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos clave.

Asimismo, el programa fomenta una sinergia ecológica que beneficia tanto a las especies rescatadas como al entorno circundante. Al establecer nuevas áreas de hábitat mediante la reubicación, se crean condiciones propicias para que especies de fauna desplazadas por las actividades humanas encuentren refugio en estas zonas restauradas. Esto puede resultar en un incremento en la densidad y diversidad biológica en las áreas reubicadas, fortaleciendo las interacciones entre flora y fauna e impulsando un equilibrio ecológico más dinámico. Es así como la coexistencia entre diferentes especies en estos hábitats contribuye a la funcionalidad del ecosistema y al enriquecimiento del paisaje.

10.2.7. Captura de Contaminantes

Aunque la vegetación forestal puede considerarse como sumidero de contaminantes, los métodos para determinar la cantidad que estos pueden capturar están basados en condiciones urbanas, donde la concentración de estos elementos afecta directamente el bienestar de la sociedad.

El SA no presenta contaminación atmosférica, debido a que no tiene condiciones confinadas de aire; los contaminantes que pudieran existir dentro de ella son principalmente aquellos que provienen de las actividades agrícolas, procesamiento de materiales pétreos o del tránsito de los vehículos, que se derivan en contaminantes que se dispersan rápidamente.

Sin embargo, y bajo este contexto, considerando que el proyecto comprende el CUSTF en áreas relativamente cercanas a espacios urbanizados, puede señalarse en términos generales que este servicio se verá alterado, sobre todo por el uso de maquinaria y el tránsito de vehículos.

10.2.8. Modulación o Regulación Climática

Es evidente que al no existir una cubierta forestal que refleje los rayos solares, estos entran de forma directa al sotobosque modificando las condiciones del microclima. La alteración a este servicio ambiental, únicamente será perceptible a nivel local, y de manera puntual, ya que únicamente se afectará una fracción del predio.

10.2.9. Generación de Oxígeno

La mayor parte de los seres vivos necesitan del Oxígeno para vivir. Este elemento que se encuentra en la atmósfera en grandes cantidades se renueva, gracias al proceso de fotosíntesis que realizan los árboles y plantas, así como al intercambio de los mares.

Aunque ocupa el tercer lugar en cuanto a su abundancia en el Universo (muy por debajo del Hidrógeno y el Helio), el Oxígeno es el elemento químico predominante en la Tierra, constituyendo el 23% del peso del aire. Como componente del aire, el Oxígeno mantiene la vida sobre la Tierra, confiriendo a nuestro planeta su originalidad con respecto a los demás del sistema solar. Su disminución en el entorno puede provocar trastornos graves en los seres vivos. Como menciona anteriormente, este elemento es absolutamente indispensable para todos los organismos vivos, con excepción de algunas bacterias. Un ser humano, por ejemplo, necesita alrededor de 360 litros para vivir durante 24 horas.

Mediante el proceso de fotosíntesis, las especies vegetales, como lo son los árboles y plantas marinas producen su propio alimento; como producto de este proceso se genera el oxígeno, elemento indispensable para la vida de los seres humanos y animales. En el largo plazo debe existir un equilibrio entre el Oxígeno (O) producido por los árboles y el que

necesita los seres para vivir. Para darse una idea de la importancia de la vegetación en la producción de dicho elemento, se estima que la producción diaria de Oxígeno de un árbol mediano será equivalente al consumo diario de un ser humano.

Las plantas vivas realizan el proceso de fotosíntesis por medio del cual producen el Oxígeno. Se estima que las áreas boscosas con una cubierta mayor al 50% alcanzan a producir entre 2 y 4 toneladas de Oxígeno por hectárea por año.

Esto quiere decir que al eliminar las **0.2501 Ha** por motivo del CUSTF, se dejarían de capturar entre **0.5002** y **1.0004 toneladas de Oxígeno**. Sin embargo, considerando la implementación del Programa de Reforestación, se produciría un aumento en la captura de oxígeno, que oscilaría entre **1.6** y **3.2 Ton** de Oxígeno, o que indicaría una diferencia positiva. Es preciso indicar que no existen metodologías exactas que permitan estimar de forma cuantitativa el valor de este servicio ambiental, pues hay numerosas variables que deben considerarse para generar un modelo.

Para fines de este estudio, los valores presentados en el párrafo anterior permiten de una manera sencilla, establecer un referendo en cuanto a la magnitud en que este servicio se verá intervenido.

10.3. Determinar el grado de afectación o de reducción de los servicios ambientales, indicando si es a nivel de la cuenca o del área de influencia del proyecto

Con relación a lo expresado en los apartados previos, el área de estudio contempla una superficie de **0.2501 Ha** para cambio de uso de suelo, y los servicios ambientales que se verán alterados solo impactarán de manera puntual y localizadas a lo que se refiere a la poligonal del proyecto, por lo que el grado de afectación de acuerdo a los servicios ambientales se describen en la Tabla 13:

Servicios Ambientales	Grado de Afectación	Área de Impacto
Servicios hidrológicos	Mayor	Área de CUSTF y CHF
Captura de carbono	Mayor	Área de CUSTF y CHF
Biodiversidad	Mayor	Área de CUSTF
Suelos	Mayor	Área de CUSTF y CHF
Paisaje y recreación	Menor	Área de CUSTF
Aire	Menor	Área de CUSTF
Regulación climática	Menor	Área de CUSTF
Oxígeno	Menor	Área de CUSTF

Tabla 13. Grado de Afectación de los Servicios Ambientales.

Debemos recalcar que de acuerdo a las alteraciones que se lleven a cabo en el área del proyecto afectarán en gran medida, en algunos casos, al SA como se describen en los puntos anteriores.

10.4. Los servicios ambientales a considerar y analizar son los que establece el Artículo 7 fracción LXI de la LGDFS

La definición de *Servicios Ambientales* se ha establecido en la LGDFS, en el Artículo 7º, Fracción LXI, de la siguiente manera:

> *"**LXI. Servicios Ambientales:** Beneficios que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo forestal sustentable, que pueden ser servicios de provisión, de regulación, de soporte o culturales, y que son necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y que proporcionan beneficios al ser humano. Los ecosistemas forestales funcionan como sumideros de carbono prestando servicios ambientales de absorción, secuestro, fijación y almacenamiento del dióxido de carbono".*

A lo largo del presente Capítulo se han analizado los beneficios ecosistémicos referentes a lo expuesto en la Tabla 14:

Categoría	Servicios Ambientales	Área de Impacto
Provisión	Servicios Hidrológicos	Área de CUSTF y CHF
	Captura de Carbono	Área de CUSTF y CHF
	Biodiversidad	Área de CUSTF
	Suelos	Área de CUSTF y CHF
	Oxígeno	Área de CUSTF
	Aire	Área de CUSTF
Regulación	Regulación Climática	Área de CUSTF
Culturales	Paisaje y Recreación	Área de CUSTF

Tabla 14. Tipos de Servicios Ambientales analizados.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
MODALIDAD B (DTU-B)

“CASA DE PLAYA, UBICADA EN PUERTA ARISTA, MUNICIPIO DE TONALÁ, CHIAPAS”

CAPÍTULO 11. PROPUESTAS DE PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES DE FLORA Y FAUNA QUE PUDIERAN RESULTAR AFECTADAS Y SU ADAPTACIÓN AL NUEVO HÁBITAT, EN CASO DE AUTORIZARSE EL CAMBIO DE USO DE SUELO

PROMOVENTE: MANUEL FRANCISCO ANTONIO PARIENTE GAVITO

MAYO, 2026

Contenido

CAPÍTULO 11. PROPUESTAS DE PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES DE FLORA Y FAUNA QUE PUDIERAN RESULTAR AFECTADAS Y SU ADAPTACIÓN AL NUEVO HÁBITAT, EN CASO DE AUTORIZARSE EL CAMBIO DE USO DE SUELO 1

11.1. Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre 1

11.1.1. Objetivos del Programa 1

11.1.2. Meta 2

11.1.3. Metodología 2

a) Actividades Previas 2

b) Actividades de Rescate 3

11.1.4. Lugar de acopio y reproducción de especies 5

11.1.5. Selección y cantidad de especies por rescatar y reubicar 6

11.1.6. Ubicación de los sitios de reubicación 7

11.1.7. Acciones por realizar para el mantenimiento y supervivencia, que garantice al menos el 80% de supervivencia 8

11.1.8. Programa de actividades 9

11.1.9. Evaluación del Rescate y Reubicación 10

11.1.10. Informes de avances y resultados 11

11.2. Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre 12

11.2.1. Objetivo general 12

11.2.2. Alcances 12

11.2.3. Identificación y ubicación actual de las especies 12

11.2.4. Actividades de Rescate y Reubicación 13

11.2.5. Técnicas propuestas para rescate 15

11.2.6. Área de Relocalización o Reubicación 20

11.2.7. Programa general de evaluación 21

11.3. DATOS DEL PROMOVENTE Y RESPONSABLE QUE ELABORA LOS PROGRAMAS 22

11.3.1. Datos del Promovente 22

11.3.2. Datos de la persona que elabora los Programas 22

Lista de Figuras

Figura 1. Ejemplos de Viveros Rústicos. 5
Figura 2. Localización del área de reubicación de Flora. 8
Figura 3. Localización del área de reubicación de Fauna. 21

Lista de Tablas

Tabla 1. Número de individuos por especie a rescatar y reubicar por criterio de Especies presentes en ambas zonas (CUSTF y SA), en una relación 1:1. 6
Tabla 2. Coordenadas UTM del área de Reubicación de Flora. 8
Tabla 3. Cronograma de Actividades del Rescate y Reubicación de Flora. 9
Tabla 4. Indicadores de Éxito para el Programa de Rescate y Reubicación de Flora. 10
Tabla 5. Especies de Fauna del Área de CUSTF en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III. A: Amenazada 12
Tabla 6. Identificación de Riesgos a la Fauna. 13
Tabla 7. Número de Individuos de Fauna Silvestre en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III identificados en el Área de CUSTF. 15
Tabla 8. Número de individuos por especie a rescatar y reubicar por criterio de especies presentes en ambas zonas (CUSTF Y SA), en una relación 1:1. 15
Tabla 9. Número de individuos por especie a rescatar y reubicar por criterio de especies de fauna de lento desplazamiento 16
Tabla 10. Descripción del Equipo de Contención Física para Fauna Silvestre. 19
Tabla 11. Tabla de Registro de Fauna Silvestre. 19
Tabla 12. Registro de Medidas Morfométricas para Roedores y Murciélagos. 19
Tabla 13. Registro de Medidas Morfométricas para Anfibios. 20
Tabla 14. Coordenadas UTM del área de Reubicación de Fauna. 21
Tabla 15. Calendario de Ejecución para la Protección de la Fauna Silvestre. 22

CAPÍTULO 11. PROPUESTAS DE PROGRAMA DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE ESPECIES DE FLORA Y FAUNA QUE PUDIERAN RESULTAR AFECTADAS Y SU ADAPTACIÓN AL NUEVO HÁBITAT, EN CASO DE AUTORIZARSE EL CAMBIO DE USO DE SUELO

Los Programas de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna, son una estrategia elaborada con el fin de proteger y preservar la diversidad biológica en áreas en dónde es necesario la ejecución del Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF). Además, es importante aclarar que dichos programas no consideran únicamente el rescate de los organismos, sino también su ***reubicación***, por ello, es necesario identificar el área donde se trasladarán procurando que las condiciones biofísicas de estas sean similares a las de su hábitat original; dicho aspecto ha sido considerado y descrito en el apartado correspondiente del presente Capítulo.

Derivado de lo anterior, en el presente Programa se presentan las medidas efectivas para rescatar y reubicar la Fauna y Flora silvestre, sobre todo de aquellas especies enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III. Estas medidas estarán dirigidas a los individuos faunísticos y florísticos que se encuentra en el área de incidencia directa del Proyecto, considerándose el área donde se realizarán las actividades de CUSTF.

11.1. Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre

11.1.1. Objetivos del Programa

GENERAL

Ejecutar actividades de rescate y reubicación de Flora silvestre. Se rescatarán especies del estrato arbóreo, arbustivo, herbáceas y no maderables. Para todos los casos se dará especial atención a las incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III.

ESPECÍFICOS

- Ejecutar actividades de rescate y reubicación de Flora silvestre.
- Emplear las técnicas descritas en el presente programa, acorde a las formas biológicas que correspondan.
- Hacer uso de herramientas apropiadas durante el rescate con el fin de evitar daños de consideración sobre los individuos.
- Registrar con coordenadas los sitios de reubicación de especies, a fin de implementar el monitoreo.

11.1.2. Meta

La meta principal del presente Programa es garantizar un éxito de sobrevivencia del **80%** del total de individuos de las especies reubicadas.

11.1.3. Metodología

Las actividades de rescate y reubicación de Flora, como se citó en la parte introductoria de este programa, se ejecutarán en aquellas especies consideradas de alto valor ecológico (Índice de Valor de Importancia) para el área de CUSTF, así como las que puedan encontrarse que cuenten con estatus de protección según la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o su Anexo Normativo III.

Para la selección de las especies sujetas al rescate y reubicación se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

1. Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III, que se ubican dentro del área de CUSTF.
2. Las especies presentes en ambas zonas (CUSTF y SA), en una relación 1:1.
3. Las especies presentes en ambas zonas (CUSTF y SA) pero son más abundantes en el CUSTF.
4. Las especies localizadas en el CUSTF, pero no en la SA.
5. Individuos de especies arbóreas en fase de regeneración natural con alturas entre 15 y 65 cm.
6. Individuos de especies del estrato No Maderables que se encuentren en el área de CUSTF.

a) Actividades Previas

Como una primera fase del programa de rescate de Flora se contempla la identificación y señalización de individuos a rescatar (mediante la colocación de señuelos) que se encuentren dentro de las áreas de intervención directa. En esta fase también se registrará el número de individuos a fin de determinar el espacio que se requerirá para la reubicación. Para el caso de las epífitas, la señalización se efectuará en los árboles hospederos.

Se determinará la cantidad de individuos a reubicar, así como los sitios cuyas características abióticas (climáticas, geológicas, edafológicas, pedregosidad, relieve etc.), y bióticas (tipo de vegetación) asemejen a los de extracción. Es importante considerar la densidad del sitio y competencia con otras especies locales con el fin de asegurar la sobrevivencia de los individuos rescatados.

Asimismo, se considera la realización de pláticas de concienciación al personal que participará en el proceso constructivo. Durante esta actividad se hará uso de carteles y

materiales impresos donde se aprecien claramente las especies de mayor vulnerabilidad, las enlistadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010** y/o en su **Anexo Normativo III**, y las de importancia ecológica. Las recomendaciones estarán enfocadas a evitar el daño físico a las especies que se encuentren señaladas. Asimismo, en partes estratégicas del proyecto, se colocarán letreros sobre la prohibición de corta y extracción de Flora, así como las recomendaciones de proteger a este componente ambiental.

Es importante señalar que, por la naturaleza del proyecto, y debido a que dentro del área del derecho de vía quedarán zonas exentas de infraestructura, y que por las acciones de CUSTF resultarán desprovistas de vegetación, se propone llevar a cabo las labores de reubicación de la flora rescatada dentro de estas zonas.

Considerando la naturaleza de la obra, las actividades de rescate de la Flora son inminentes, el procedimiento se indica a continuación:

b) Actividades de Rescate

Especies Arbóreas

El rescate de árboles, sobre todo de gran porte o demasiado viejos tiene implicaciones logísticas extremadamente complicadas debido a su gran tamaño y deriva en el empleo de maquinaria pesada, como grúas, excavadoras y poleas de acero. Resultando entonces, en la necesidad de contar con grandes espacios que permitan la maniobra de la maquinaria, motivo por el cual resulta inviable. Por consiguiente, las actividades de rescate se centrarán en la colecta de germoplasma o bien, el rescate de individuos arbóreos en fase de regeneración natural con alturas entre 15 y 65 cm. Además, se llevará a cabo la colecta de semillas directamente de los ejemplares que se verán intervenidos. El germoplasma colectado será evaluado para determinar su viabilidad.

Se recomienda, por su facilidad y efectividad, el método de inmersión, el cual consiste en colocar las semillas en un recipiente con agua. La viabilidad estará determinada por la cantidad de semillas que se sumerjan, aquellas que floten serán descartadas. El germoplasma viable se colocará en contenedores de polietileno, para el llenado de los envases se ocupará el suelo aledaño a las especies a intervenir.

Durante el proceso de germinación, se aplicarán riegos y se mantendrá vigilancia constante. La germinación de las plántulas se hará en un vivero rústico, el cual consistirá en realizarlo en piso firme, con techo malla sombra.

- **Rescate de Plántulas**

Otra actividad considerada en las especies de forma biológica arbórea es el rescate de renuevos o especies en etapa latizal, particularmente, aquellos individuos que presentan una

altura entre 15 y 65 cm. La actividad consistirá en la extracción de los individuos procurando obtener la totalidad del sistema radicular sin que se le ocasione daño alguno. Asimismo, se buscará que el sistema de raíces obtenido venga cubierto con suelo orgánico. Los individuos obtenidos se colocarán en contenedores y serán llevados a sitios elegidos con anterioridad, donde se les dará seguimiento hasta lograr que las mismas estén en condiciones de ser reubicadas a su medio natural. Además, las plántulas obtenidas se mantendrán en monitoreo hasta determinar que cuentan con la capacidad de introducirlas a su medio natural, para ello, como se citó en la fase previa al rescate, se considerarán bioindicadores a fin de garantizar el éxito de la reubicación. Tanto para las plántulas obtenidas del germoplasma colectado, como de los individuos rescatados, la reubicación podrá efectuarse en los espacios destinados para tal actividad.

Epífitas

Las actividades de rescate se efectuarán en la mayoría de los individuos que se ubiquen en los sitios de intervención directa. La finalidad, es ejecutar la acción en individuos, no tanto en especies, por lo que no se consideran trabajos de propagación.

- Bromelias

Para asegurar su sobrevivencia se debe tener cuidado de no dañar las raíces, porque presentan estructuras vegetativas carnosas y coriáceas que les permiten sobrevivir ante un proceso de extracción. Por tanto, se recomienda que las plantas sean removidas con un trozo de corteza del árbol huésped. Después de esto se pueden envolver en periódicos húmedos y apilarse para facilitar su transporte, cuidando únicamente que las estructuras reproductivas, si las tiene, no sean maltratadas.

Es importante que en el momento de la extracción se anoten datos como la especie del árbol huésped, altura aproximada a la cual se encontraba y fecha de colecta. La reubicación deberá ser inmediata a la extracción, y tendrán que ubicarse sobre las mismas especies de árboles de donde fueron extraídas y aproximadamente a la misma altura, usando de preferencia cordones de tela o rafia para sujetarlas.

- Orquídeas

Las orquídeas son plantas más exigentes en cuanto a los requerimientos para su propagación, crecimiento y sobrevivencia, y menos exitosas en cuanto a número de individuos. Sin embargo, se puede seguir el mismo método para su extracción y reubicación de las bromelias, únicamente debe tenerse cuidado de no estropear, mutilar o provocar cualquier otro tipo de daño a la planta que pueda entorpecer su adaptación al sitio de reubicación. Las plantas deberán ser colocadas en bolsas de manta y ser transportadas con extrema precaución.

Para ambos casos, el rescate podrá efectuarse de dos maneras:

1. **Huésped en pie**, haciendo uso de garrochas o bien, trepando los árboles con apoyo de arneses, y efectuando la extracción de los organismos.
2. De ubicarse los organismos a rescatar en partes muy altas del huésped y donde la escalada comprometa la seguridad del personal responsable del rescate, se esperará al derribo y en esta condición se realizará el rescate.

Las herramientas por ocupar en la colecta de individuos de ambos grupos (bromelias y orquídeas) serán machetes, navajas, cuchillos o cualquier otra herramienta que permita efectuar la actividad sin comprometer la integridad de la especie.

11.1.4. Lugar de acopio y reproducción de especies

Para el caso en específico de recolección de semilla como germoplasma, se tendrá que construir un vivero rústico temporal, como se ejemplifica en la Figura 1. Para llevar a cabo la reproducción de especies, se elegirán los ejemplares de árboles y plantas a rescatar más sanos para colectar sus semillas y garantizar la germinación de las mismas en un vivero que se pretende localizar de manera temporal en un sitio seguro dentro del área de influencia del proyecto.



Figura 1. Ejemplos de Viveros Rústicos.

Se procurará que el vivero temporal se coloque lo más cercano posible al Área del Proyecto (X= 411757; Y=1762612), para que se encuentre vigilado constantemente y que se cuente con vías de acceso a este.

Las semillas, se depositarán en bolsas de plástico previendo que exista el intercambio de gases y, se etiquetarán marcando la fecha de colecta, número de semillas y nombre común y/o científico.

11.1.5. Selección y cantidad de especies por rescatar y reubicar

En las siguientes Tablas, se presenta la selección de las especies por rescatar y reubicar, utilizando los criterios detallados anteriormente:

1. **Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III, que se ubican dentro del área de CUSTF.**

De acuerdo con el muestreo realizado y el inventario florístico obtenido, en el área sujeta al CUSTF, no se registraron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III.

Por lo que, de conformidad con el criterio *1 "Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III, que se ubican dentro del área de CUSTF"*, **no** se encontraron especies propensas a ser rescatadas.

2. **Las especies presentes en ambas zonas (CUSTF y SA), en una relación 1:1.**

Especie	Nombre Común	No. de Individuos		Relación 1:1
		SA	CUSTF	
Semialarium mexicanum	Cancerina	28	6	0
Neltuma juliflora	Huizache	9		0
Casearia corymbosa	Cafecito	9		0
Varronia curassavica	Sangre de toro	42		0
Euphorbia hyssopifolia	Hierba de la golondrina	5		0
Vachellia collinsii	Ixcanal	24		0
Mentzelia aspera	Pegaropa	8		0
Waltheria indica	Malva	133	8	0
Lantana camara	Cinco negrito	42		0
Phyla nodiflora	Bella alfombra	33		0
Gomphrena decumbens	Cabezona	468	78	0
Pectis multiflosculosa	Limoncillo costero	140		0
Distimake cissoides	Trompetilla	67		0
Ipomoea pes-caprae	Riñonina	26		0
Cyperus polystachyos	Pata de gallo	17		0
Acalypha monostachya	Hierba del cancer	69		0
Canavalia rosea	Frijol de playa	260	82	0
Indigofera hirsuta	Añil velloso	229	43	0
Tephrosia cinerea	Barbasco medicinal	657	123	0
Herissantia crispa	Hierba del campo	44		0
Passiflora ciliata	Maracuyá	226	36	0
Cenchrus echinatus	Zacate cadillo	425	128	0
Jouvea pilosa	Pasto salado	330	42	0
Sporobolus virginicus	Pasto	883	123	0
Uniola pittieri	Arroz de costa	50		0
Acanthocereus tetragonus	Cruceta	29		0

Tabla 1. Número de individuos por especie a rescatar y reubicar por criterio de Especies presentes en ambas zonas (CUSTF y SA), en una relación 1:1.

De acuerdo con la Tabla anterior **no** existen especies en una relación 1:1, por lo que en conformidad con el criterio *2 "Las especies presentes en ambas zonas (CUSTF y SA), en una relación 1:1."*, no se encontraron especies propensas a ser rescatadas.

3. Las especies presentes en ambas zonas (CUSTF y SA) pero son más abundantes en el CUSTF.

De acuerdo con la tabla 1 todas las especies presentes en el Área de CUSTF presentan más individuos en el Sistema Ambiental, así que de conformidad con el criterio 3 *"Las especies presentes en ambas zonas (CUSTF y SA) pero son más abundantes en el CUSTF"*, no se encontraron especies propensas a ser rescatadas.

4. Las especies localizadas en el CUSTF, pero no en la SA.

De acuerdo con el criterio *4 "Las especies localizadas en el CUSTF, pero no en la SA"*, no se encontraron especies propensas a ser rescatadas.

5. *Individuos arbóreos en fase de regeneración natural con alturas entre 15 y 65 cm.*

Se identificó 1 individuo de la especie *Semialarium mexicanum* que cumple con este criterio. Considerando los datos de densidad (individuos/hectárea) y la superficie de CUSTF, se proyecta el rescate de 32 individuos de dicha especie.

Asimismo, al realizar las actividades de cambio de uso de suelo, y de ubicar individuos que cumplan con lo establecido en este criterio, se aplicará este criterio.

6. Individuos de especies del estrato No Maderables que se encuentren en el área de CUSTF.

De acuerdo con el criterio *6 "Individuos de especies del estrato No Maderables que se encuentren en el área de CUSTF"*, no se encontraron especies del estrato No Maderable en el área de CUSTF propensas a ser rescatadas.

Por lo tanto, considerando lo anterior, las especies encontradas en el área de CUSTF se encuentran distribuidas dentro de la SA, así como en diversas zonas dentro de la región en la que se encuentra inmersa, *lo que indica que existen poblaciones de estas fuera de la zona de intervención directa, reforzando la idea de que su distribución no se encuentra limitada al sitio donde se desarrollará el proyecto*, por lo que ***no se pondría en riesgo a la biodiversidad***.

11.1.6. Ubicación de los sitios de reubicación

La reubicación de las especies de Flora se realizará dentro del SA, en un área de 8,000.00 m^2. Las coordenadas UTM (Datum WGS84 Zona 15 Norte) del sitio en donde se realizará la reubicación de las especies se muestra en la Tabla 6.

Vértices	Coordenadas UTM	
	X	Y
1	409921.2770	1963677.4548
2	409980.5379	1963640.1258
3	410030.2079	1963616.1458
4	410059.9864	1963598.6936
5	410038.5495	1963566.9345
6	410014.4599	1963568.6138
7	409970.0480	1963590.3880
8	409921.6950	1963613.2756
9	409893.5638	1963632.6683
10	409899.6219	1963646.1628

Tabla 2. Coordenadas UTM del área de Reubicación de Flora.

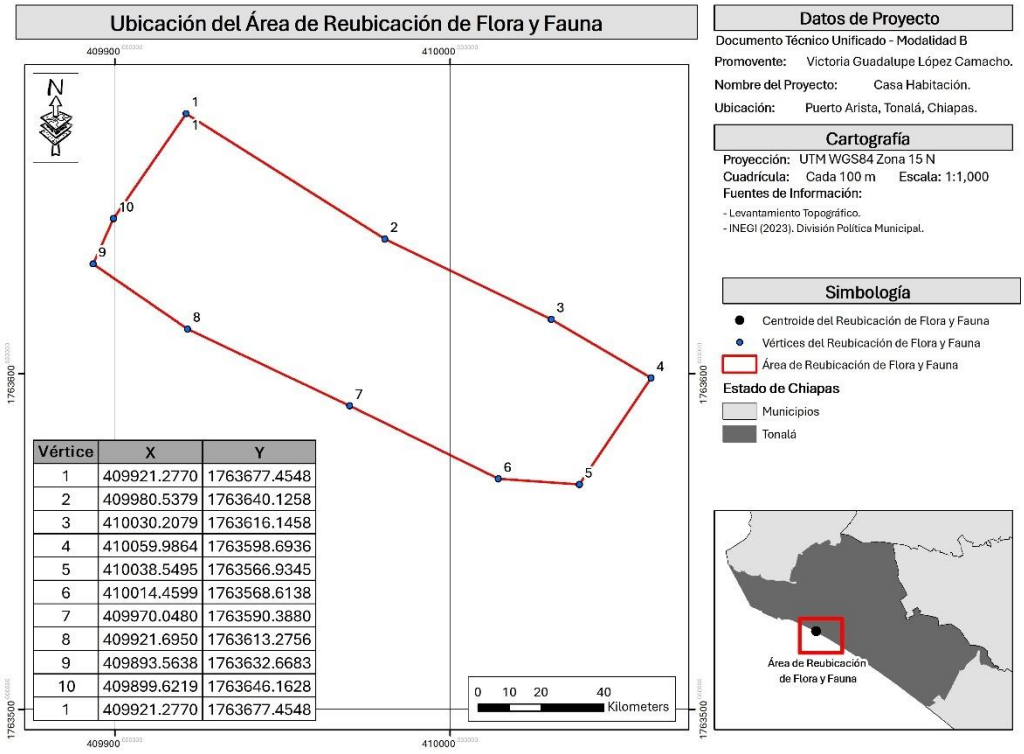


Figura 2. Localización del área de reubicación de Flora.

11.1.7. Acciones por realizar para el mantenimiento y supervivencia, que garantice al menos el 80% de supervivencia

- **Manejo Sanitario**

Llevar a cabo observaciones periódicas de los individuos trasplantados, esto es con la finalidad de detectar posibles enfermedades ocasionadas por hongos u otros patógenos, aplicando de ser necesario medidas correctivas.

- **Adaptación del Trasplante**

Observar las condiciones de los individuos, sanidad, turgencia, coloración, etc., para detectar posibles necesidades hídricas con el fin de aplicarles riego.

- **Detección de Plagas y su Control**

Al ser detectados posibles patógenos (hongos, insectos) usar plaguicidas o fungicidas convenientes para evitar daños a los individuos.

- **Aplicación de Riegos.**

De ser necesario, a través de pipas de 3000 o 5000 L, suministrar agua a los individuos rescatados, si se considera necesario, ya que la zona donde se está ejecutando el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la lluvia se presenta en la mayor parte del año.

11.1.8. Programa de actividades

Se dará seguimiento al cronograma de actividades relacionadas con el rescate de Flora dentro de las áreas sujetas a CUSTF, que involucra las acciones de transporte, reubicación y mantenimiento. El programa se realizará de forma paulatina de acuerdo con los avances del proyecto, realizando la reubicación en los meses de lluvia. El cronograma de la Tabla 7 hace referencia a los meses que durará cada una de las actividades y que coincide con los plazos de ejecución propuestos para el CUSTF:

Actividad	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Año 1												
Ubicación de las Plantas susceptibles de rescate						X						
Rescate de los Organismos (Plántulas)						X	X					
Vivero Rústico						X						
Rescate de los Organismos (Germoplasma)						X						
Plantación y Riego						X	X					
Fertilización							X					
Control Fitosanitario							X					
Seguimiento y Evaluación del Trasplante (Plántulas)							X					
Seguimiento y Evaluación del Trasplante (Germoplasma)							X					
Seguimiento y Mantenimiento de las Especies Rescatadas							X	X	X			X
Año 2 al 5												
Seguimiento y Mantenimiento de las Especies Rescatadas		X	X			X			X			X

Tabla 3. Cronograma de Actividades del Rescate y Reubicación de Flora.

**El inicio de la actividad este directamente relacionado al inicio de la temporada de lluvias.*

11.1.9. Evaluación del Rescate y Reubicación

La evaluación y seguimiento del programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal permitirá determinar el grado de éxito del programa, al mismo tiempo que se mantiene un control en las actividades que se proponen como parte de la metodología que permita alcanzar los objetivos planteados. Con el objetivo de obtener indicadores de evaluación, se deberá tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- ***Sobrevivencia:*** Se estimará cuantitativamente el éxito del rescate y reubicación de los individuos bajo las acciones de mantenimiento para asegurar la supervivencia de los ejemplares rescatados y reubicados.
- ***Estado Sanitario:*** Se estimará la porción de las plantas sanas respecto a las plantas vivas en la plantación.
- ***Vigor de los Individuos:*** Describir la porción de los organismos vigorosos del total de los individuos vivos. Generalmente, el vigor se clasifica de la siguiente manera:
    - *Bueno:* Cuando la planta presenta un follaje denso, color verde intenso y tiene buena cobertura de copa.
    - *Regular*: Cuando la planta muestra un follaje menos denso, color verde seco a amarillento y follaje medio.
    - *Malo*: Cuando el follaje es amarillento, ralo y de hojas débiles.

Para determinar el éxito del programa podrá hacerse uso de los indicadores de la Tabla 4:

Expresión	Descripción	Conclusión
$ER_R = \frac{IR}{\sum IR_R}$	Donde: ER_R : Efectividad del programa de rescate y reubicación IR: Individuos rescatados ∑IRR: Individuos totales que demandan actividades de rescate y reubicación	100- ≥80 % Efectivo 70-<80 % Aceptable < 70 % Fallido
$ER = \frac{I_R}{\sum IR}$	Donde: ER : Efectividad del rescate IR: Individuos reubicados ∑IR: Individuos totales rescatados	100- ≥80 % Efectivo 70-<80 % Aceptable < 70 % Fallido
$E_R = \frac{I_V^{-1}}{\sum I_R}$	Donde: E_R : Efectividad de la reubicación IV-1: Individuos vivos a un año ∑IR: Individuos totales reubicados	100- ≥80 % Efectivo 70-<80 % Aceptable < 70 % Fallido

Tabla 4. Indicadores de Éxito para el Programa de Rescate y Reubicación de Flora.

La evaluación consistirá en la cuantificación del porcentaje de sobrevivencia de los ejemplares reubicados, en este sentido dicha evaluación se realizará a los 30 días de haber efectuado la reubicación, donde se espera un **80% mínimo de sobrevivencia**.

11.1.10. Informes de avances y resultados

A partir de la información obtenida en las diferentes etapas del **Programa de Rescate y Reubicación** de las especies de la vegetación forestal, se elaborarán y emitirán los informes correspondientes en los términos que dicte en su momento, el resolutivo con respecto al DTU-B del proyecto denominado "*Centro de Convenciones y Eventos, ubicado en Puerto Arista, Municipio de Tonalá, Chiapas*"" con pretendida ubicación en el Municipio de Tonalá, Chiapas; expedido por la SEMARNAT.

11.2. Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre

El Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre es una estrategia diseñada bajo el enfoque de protección y conservación de la diversidad biológica en áreas que se verán afectadas por el desarrollo de un proyecto en el que se requiera el cambio de uso de suelo, ya que este es causa de afectaciones a su hábitat. Dicho Programa implicará el ahuyentamiento, rescate y reubicación de especies a zonas seguras donde puedan prosperar, teniendo como principales fines lo siguiente:

- Minimizar el impacto de las actividades del CUSTF en la fauna silvestre.
- Garantizar la conservación de las especies de fauna de importancia ecológica, especialmente aquellas incluidas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III.
- Promover la biodiversidad en el área del proyecto y en zonas adyacentes.

11.2.1. Objetivo general

Implementar las medidas efectivas para la captura de especies de Fauna silvestre con el fin de proteger, reubicar y resguardarlas para su conservación, evitando los impactos que su pérdida causarían al medio ambiente.

11.2.2. Alcances

- Identificar las especies de Fauna silvestre susceptible de protegerse y conservarse, raras o endémicas que se encuentren dentro del área del proyecto.
- Establecer acciones para la protección de la Fauna silvestre del sitio.
- Establecer criterios técnicos para realizar el rescate de las especies de la Fauna amenazada por las actividades de esta obra que así lo requieran.
- Indicar las acciones realizadas para la protección de la Fauna del sitio.

11.2.3. Identificación y ubicación actual de las especies

Como se ha mencionado con anterioridad, el rescate de Fauna Silvestre durante la ejecución de una obra o actividad es una medida preventiva para la reducción de posibles impactos a la biodiversidad; de acuerdo con el Estudio de Fauna realizado, se encontraron dos especies dentro de algún estatus de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III dentro del Área del Proyecto, que se presentan a continuación:

Clase	Familia	Especie	Nombre común	NOM-059
Reptilia	Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	A
Aves	Cracidae	*Ortalis leucogastra*	Chachalaca vientre blanco	Pr

Tabla 5. Especies de Fauna del Área de CUSTF en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III.

A: Amenazada

Considerando entonces de suma importancia que el Programa de Rescate y Reubicación de Fauna sea implementado de forma adecuada, por lo que a continuación, en los siguientes apartados se describe la metodología a seguir para su ejecución.

11.2.4. Actividades de Rescate y Reubicación

Fase I: Identificación de Fauna vulnerable e identificación de riesgos de las especies identificadas

En seguida, se especifican algunas acciones también las cuales estarán encaminadas a la prevención de posibles afectaciones a la fauna por la acción humana.

a) Determinación de Riesgos

Una vez identificada las especies de fauna que se pueden localizar en el área de obra, es necesario determinar el riesgo que puedan sufrir. Para ello se clasifican las etapas del proyecto en *Previa, Durante, Posterior*.

A continuación, se describe la fauna susceptible a algún daño de acuerdo con la actividad a realizar, el posible riesgo y tipo de riesgo en que se clasifica, y a como se identifica posteriormente en el Diagrama del Proceso de atención al rescate (Tabla 6).

Etapa	Actividad	Fauna Susceptible	Posible Riesgo	Tipo de Riesgo
Previa	Desmonte y chapeo	Reptiles, Anfibios y Aves	Se pueden encontrar al momento de realizar el desmonte.	Indirecto
			Afectación a individuos que no se hayan desplazado fuera del área de trabajo.	Directo
Durante	Inicio de labores diarias con maquinaria y sin maquinaria	Anfibios, Reptiles, Aves y Mamíferos	Se pueden encontrar Fauna dentro del sitio de trabajo o en la maquinaria que utilizan como refugio.	Directo
			Pueden quedar atrapados individuos durante las horas de trabajo.	Directo
Posterior	Actividades de compensación, mantenimiento o supervisión	Reptiles, Anfibios y Aves	Afectación a individuos que no se hayan desplazado fuera del área de trabajo.	Directo

Tabla 6. Identificación de Riesgos a la Fauna.

Estos riesgos son los probables a encontrar durante las diferentes etapas del proyecto, pero es necesario que durante todo el proceso constructivo se siga realizando este análisis con el fin de identificar nuevos riesgos de acuerdo con las técnicas y herramientas que sean usadas durante el desarrollo del proyecto.

Fase II: Medidas aplicables en las diferentes etapas del Proyecto

- *Antes*

Ahuyentamiento: Antes de iniciarse las actividades constructivas y en todo el tiempo que dure la obra, antes de iniciar las actividades, se procederá a realizar la revisión y hacer el

máximo posible de ruidos, que permiten espantar a la fauna que se encuentre forrajeando o descansando en el área en donde pasará la maquinaria.

- *Durante*

Carteles informativos: Es necesario realizar carteles de difusión sobre la protección de la fauna silvestre. Estos carteles, indicaran que queda prohibida la caza, captura de las especies, para uso de alimentación o mascota.

- Posterior

Actividades de vigilancia: Una vez iniciadas las actividades constructivas, continuarán los recorridos y tendrán mayor énfasis en la vigilancia, ya que se considera que la fauna aun es propensa a impactos.

De igual forma se realizarán los recorridos al momento de la reanudación de actividades, después de pasar más de 72 horas de inactividad. Este tipo de revisión se debe a que existen especies como culebras, serpientes y anuros, que recolonizan áreas rápidamente al no existir movimiento, y si estos encuentran áreas ideales para refugiarse, se les encontrara escondidas en esas áreas

Las revisiones serán recorridos rápidos buscando en las cavidades o encharcamientos, en que puedan ocultarse las especies antes mencionadas. En caso de localizar ejemplares, se capturarán y se reubicarán de inmediato en uno de los sitios determinados, estas actividades se deben de realizar con mucho cuidado y con la previa capacitación, ya que algunos animales pueden ser venenosos.

Debido que la época de secas y comienzos de las lluvias, son temporadas donde algunas aves se encuentran en proceso de búsqueda de pareja y apareamientos, por lo tanto, pueden comenzar a anidar en algunos de los árboles que se encuentren dentro del área donde se llevará a cabo la obra. Por lo anterior, es importante realizar recorridos en búsqueda de nuevos nidos activos para tratar de proteger al máximo los mismos.

Una medida básica, para evitar el daño a la Fauna, es el trabajo de educación ambiental con los empleados de la Empresa que se encargue de realizar el proyecto. Uno de los factores que influye en el éxito de un programa de rescate es el nivel de disminución de las amenazas a la Fauna.

Es por lo que concienciar a los pobladores es un factor clave, que disminuye el riesgo de perder fauna que está siendo desplazada o que se encuentra vulnerable. La concientización debe ser paulatina, previo a las actividades de construcción de las obras, y debe llevar un seguimiento por parte de los supervisores ambientales.

Durante la supervisión ambiental se realizarán pláticas de educación ambiental para concientizar a los trabajadores, y en los cuales se exhortará a que en caso de encontrarse fauna en el sitio de aviso al encargado ambiental para que se realice lo conducente.

Con el inicio de las actividades del proyecto, principalmente el desmonte y despalme, la fauna presente tiende refugiarse en sitios aledaños, para los organismos, que así sea requerido se aplicarán las técnicas de captura y reubicación en sitios aledaños.

11.2.5. Técnicas propuestas para rescate

En las siguientes Tablas, se enlistan los valores de Abundancia de cada especie a rescatar y reubicar del área de CUSTF por tipo Vegetación de forma que se comprueba la selección de dichas especies utilizando los criterios detallados anteriormente:

1. ***Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III, que se ubican dentro del área de CUSTF.***

Las especies que se identificaron en el área de estudio sujeto a CUSTF son las establecidas en la Tabla 11:

Clase	Familia	*Especie*	Nombre común	NOM-059
Reptilia	Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	A
Aves	Cracidae	*Ortalis leucogastra*	Chachalaca vientre blanco	Pr

Tabla 7. Número de Individuos de Fauna Silvestre en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III identificados en el Área de CUSTF.
Pr: Sujeta a Protección Especial

De acuerdo con el criterio *1 "Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexo Normativo III, que se ubican dentro del área de CUSTF"*, en total se encontró **1 especie** propensa a ser rescatadas, con un total de 1 **individuos**.

2. ***Las especies presentes en ambas zonas (CUSTF y SA), en una relación 1:1.***

Especie	Nombre común	No. de Individuos	Criterios
Sceloporus siniferus	Lagartija espinosa de cola larga	5	2
Setophaga petechia	Chipe amarillo	2	2
Urocyon cinereoargenteus	Zorro gris	2	2
Didelphis virginiana	Tlacuache norteño	1	2
	Total	**1**	

Tabla 8. Número de individuos por especie a rescatar y reubicar por criterio de especies presentes en ambas zonas (CUSTF Y SA), en una relación 1:1.

De acuerdo con el criterio *2 "Las especies presentes en ambas zonas (CUSTF y SA), en una relación 1:1."*, en total se **encontró 1 especie** propensas a ser rescatadas, con un total de **1 individuo** a ser ahuyentados, al ser aves, por lo que para estas únicamente se realizará el ahuyentamiento y no se considera necesario su reubicación.

3. ***Las especies de Fauna de lento desplazamiento como reptiles, anfibios y pequeños mamíferos.***

Clase	Especie	Nombre común	NOM	No. individuos	Criterios
Reptilia	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	A	5	1,3
	Sceloporus siniferus	Lagartija espinosa de cola larga	SC	5	2,3
	Aspidoscelis deppii	Huico siete líneas	SC	5	3
Total:				15	

Tabla 9. Número de individuos por especie a rescatar y reubicar por criterio de especies de fauna de lento desplazamiento

De acuerdo con el criterio *"3. Las especies de Fauna de lento desplazamiento como reptiles, anfibios y pequeños mamíferos"*, en total se encontraron **3 especies** propensas a ser rescatadas, con un total de 15 **individuos** a ser rescatados.

Se recomienda que, durante el desarrollo de las actividades del proyecto, se continúen los recorridos diarios y en caso de identificarse alguna otra especie que requiera ser reubicados al sitio y sus alrededores; cuando se lleven a cabo acciones de rescate de Fauna se tomarán las medidas adecuadas de acuerdo con la especie encontrada, así como a la situación bajo la cual se registró el individuo. Al efectuar un rescate se tomarán los datos del sitio donde se localiza a la especie, así como los datos del sitio donde se efectúe la reubicación de este.

A continuación, se describen las técnicas de captura para cada clase:

a) Captura Directa

Este método se da con la búsqueda intensiva de los ejemplares, y posteriormente ser capturados con la técnica adecuada a las características de la especie:

- ***Anfibios:*** En general todos los anfibios siempre se encuentran muy cerca o dentro de los cuerpos de agua o corrientes superficiales; se les pueden localizar bajo la hojarasca, huecos, o debajo de las piedras, ya que son sitios que permanecen húmedos y con una temperatura más baja. Los anfibios pueden tomarse con la mano completa sobre el individuo, procurando no ejercer demasiada presión, tomarlo firmemente y colocarlo en los costales de manta húmedos. Se debe tener la precaución de no tener ninguna sustancia tóxica en la mano, para evitar causales un daño permanente o la muerte. Cuando se localicen dentro de cuerpos de agua, deben ser capturados por medio de redes de golpe, con las cuales se sacarán y depositaran en los costales de manta húmedos.

  En caso de que los individuos permanezcan en resguardo más de 2 horas estos deberán colocarse en botes o recipientes con tapa perforada con huecos no mayores a 0.5 cm, para permitir la entrada de aire. Estos contenedores deben tener un sustrato

que permita guardar la humedad (hojas, pastos, sustratos artificiales), además de que serán colocados a la sombra.

- ***Iguánidos:*** En el caso de las iguanas, pueden ser capturadas por medio de redes de aro o por captura directa con guantes. Una vez capturadas, deben ser sujetadas por la cabeza y cola. Se debe tener cuidado con la cabeza por las mordidas que puede dar, al igual que con la cola ya que la usan como látigo.

  La cabeza debe ser sujetada firmemente más no se deben tapar las vías respiratorias, en el caso de la cola, no jalarla del último tercio ya que puede perderla. La sujeción puede ser hecha de forma directa o por medio de un sujetador de vara larga, o en su caso con redes de aro.

  Para el traslado de iguanas, se puede realizar por medio de costales, cajas de madera o de plástico que cuenten con tapa y un buen sistema de aireación. Lo recomendable para individuos grandes, es el traslado en las cajas plásticas o de madera. Si es necesario mantenerlos algunas horas bajo resguardo, estos deben permanecer en zonas de sombra, y humedecerlos constantemente.

- ***Culébridos:*** Para este grupo deben ser capturados de acuerdo con su tamaño, por distintos métodos. En el caso de los pequeños generalmente es posible capturarlos manualmente. Se detiene la cabeza, y posteriormente el cuerpo. Los de talla mediana y grande pueden capturarse con gancho herpetológico, inmovilizando inicialmente la cabeza y sujetándola luego con la mano y el resto del cuerpo con la otra mano, con estos reptiles hay que tener mucho cuidado porque algunos pueden tener veneno que puede ser nocivo para la salud.

  El proceso de captura será sujetando primeramente la cabeza y posteriormente inmovilizando la cola. Una vez capturado, el individuo debe ser colocado en un contenedor ideal para su comportamiento. Especies agresivas, se recomienda los contenedores de acrílico, con sustrato húmedo. Otra forma de transportarlas es en costales de manta.

  Se debe tener especial cuidado, de mantenerlos en una zona con sombra y humedecidos continuamente, para evitar una deshidratación. No dejarlos en dentro de agua, para evitar una disminución excesiva de la temperatura.

- ***Lagartijas:*** En el caso de las lagartijas, estas pueden ser capturadas directamente con la mano o un guante de tela. También se pueden usar pequeñas cañas de pescar y un pequeño lazo sin que estas sufran ningún daño. Estas pueden ser depositadas en bolsas de manta para ser transportadas o en cajas transportadoras de acrílico.

Las lagartijas que sean rescatadas deben de ser colocadas en costales pequeños de manta o en contenedores especiales (jaulas transportadoras de acrílico). Deben ser dejados bajo la sombra y de ser posible realizar su traslocación inmediatamente al sitio de liberación, ya que se cuenta con la ventaja, que estas especies tienen un ámbito de hogar pequeño, por lo que asegura que los individuos rescatados no pueden regresar inmediatamente al sitio donde fueron encontrados.

- ***Mamíferos Medianos:*** Los mamíferos medianos y pequeños tales como los mapaches pueden contenerse utilizando un sujetador o domador. El uso de un bozal como el que se utiliza en perros maximiza nuestra seguridad en el manejo.

  Hay que tomar en cuenta que cada individuo tiene un carácter particular, aunque se trate de animales de la misma especie, por lo tanto, siempre hay que ser muy cauto y precavido, a fin de estar preparado para lo inesperado y así reaccionar rápidamente.

- ***Aves:*** Inicialmente puede arrojarse una toalla o trapo sobre el animal, aunque algunos prefieren contener al animal utilizando guantes. En cualquier caso, es importante controlar la cabeza del ave sosteniéndola desde atrás, a nivel de la base del cuello. Es recomendable contener las patas con la otra mano para evitar que el ave nos pueda hacer daño con las garras.

  Para el traslado de los ejemplares, se deben colocar en jaulas de transporte con barrotes metálicos delgados, que son diseñadas especialmente para loros. Se pueden movilizar en jaulas de transporte tipo "kenell".

  Las capturas deben ser realizadas en las primeras horas del amanecer o en el atardecer, así como su liberación. En caso de tener que mantener bajo resguardo temporal de no más de un día, las jaulas deben colocarse en un área con sombra, para evitar las altas temperaturas. Proporcionar agua fresca, y fruta de la temporada. Una vez capturado al individuo será llevado al área determinada para su reubicación con la finalidad de evitar daños al organismo (Tabla 10).

Equipo	Tipo de Fauna	Observación	Figura del Equipo
Guantes	Pequeños mamíferos Aves Reptiles	De carnaza y muy gruesos	
Gancho herpetológico	Culébridos Reptiles	Vara de aluminio con un gancho	
Pinza herpetológica	Culébridos Reptiles	Vara de aluminio con una tenaza al final	

Equipo	Tipo de Fauna	Observación	Figura del Equipo
Redes	Aves Mamíferos medianos	Tipo atarraya	
Red de golpeo	Mamíferos pequeños Aves Reptiles	De malla ligera y un tubo mayor de un metro	
Domador o amarrador	Mamíferos pequeños Mamíferos medianos Reptiles	Debe tener un tubo largo mayor de dos metros y un cable o lazo mayor a cinco metros	
Bolsas de tela, lonas o mantas	Aves (pequeñas) Mamíferos Reptiles pequeños	Debe estar elaborada en tela de alta resistencia para evitar la mordedura de los especímenes	
Jaula de transporte aéreo	Todas las especies	Deben ser de acuerdo con el tamaño del ejemplar, preferentemente transparentes	

Tabla 10. Descripción del Equipo de Contención Física para Fauna Silvestre.

b) Medidas Morfométricas de los Individuos Rescatados

Para el caso de Anfibios, Aves, Mamíferos y Reptiles se realizará el registro, a través de una tabla que contenga datos como: número de registro, fecha de captura, clase, orden, suborden, familia, especie y su estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o en su Anexos Normativo III, CITES y/o IUCN (Tabla 15).

No. de Reg.	Fecha	Clase	Orden	Suborden	Familia	Especie	Estatus*

Tabla 11. Tabla de Registro de Fauna Silvestre.

**Respecto a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y/o su Anexo Normativo III, CITES y/o IUCN*

Para el caso de mamíferos de talla pequeña (roedores y murciélagos, Tabla 12), así como de anfibios (Tabla 13), se les tomarán algunas medidas morfométricas adicionales para ayudar en su identificación. Los datos por considerar se muestran en las mencionadas Tablas:

Fecha	Especie	Sexo	Lt	CV	Pt	O	Wt	Lc
Lt) Longitud total; CV) Columna vertebral; Pt) Pata trasera; O) Oreja; Wt) Peso; Lc) Longitud de cola.								

Tabla 12. Registro de Medidas Morfométricas para Roedores y Murciélagos.

Fecha	Especie	Ancho de Cabeza	Longitud de Cabeza	Long. Ho-Cl	Ancho Cuerpo	Ancho de Cabeza

Tabla 13. Registro de Medidas Morfométricas para Anfibios.

11.2.6. Área de Relocalización o Reubicación

Posterior al recate de organismos, se procederá a llevar a los especímenes al área de relocalización o reubicación, previamente seleccionada. Ningún animal podrá estar en cautiverio por más de 24 horas.

La selección del área de liberación se basó en:

- Su grado de aislamiento respecto de las actividades que se desarrollarán durante el proyecto, pero a la vez presenta condiciones adecuadas para un control por parte de la empresa que permita un adecuado éxito en la relocalización.
- Las características del microhábitat en cuanto a cobertura y oferta de recursos.
- El sitio debe estar protegido o con poca inaccesible para minimizar las perturbaciones a los especímenes y prevenir riesgos para los humanos, especialmente para las especies venenosas o aquellas que puedan entrar en conflicto con los humanos.

Es pertinente mencionar que la razón que justifica que el traslado de los ejemplares capturados no se haga a grandes distancias (obviamente por fuera del área de influencia directa e indirecta del proyecto) se relaciona con los siguientes aspectos:

- Evitar el traslado de individuos con configuraciones genéticas particulares a otros ambientes.
- Promover que el nuevo hábitat seleccionado tenga condiciones abióticas similares a las del hábitat original.
- Evitar que los individuos permanezcan capturados por un tiempo prolongado.
- El sitio de liberación debe estar ubicado lo más cerca posible del sitio original para reducir el estrés en los organismos que se reubican.

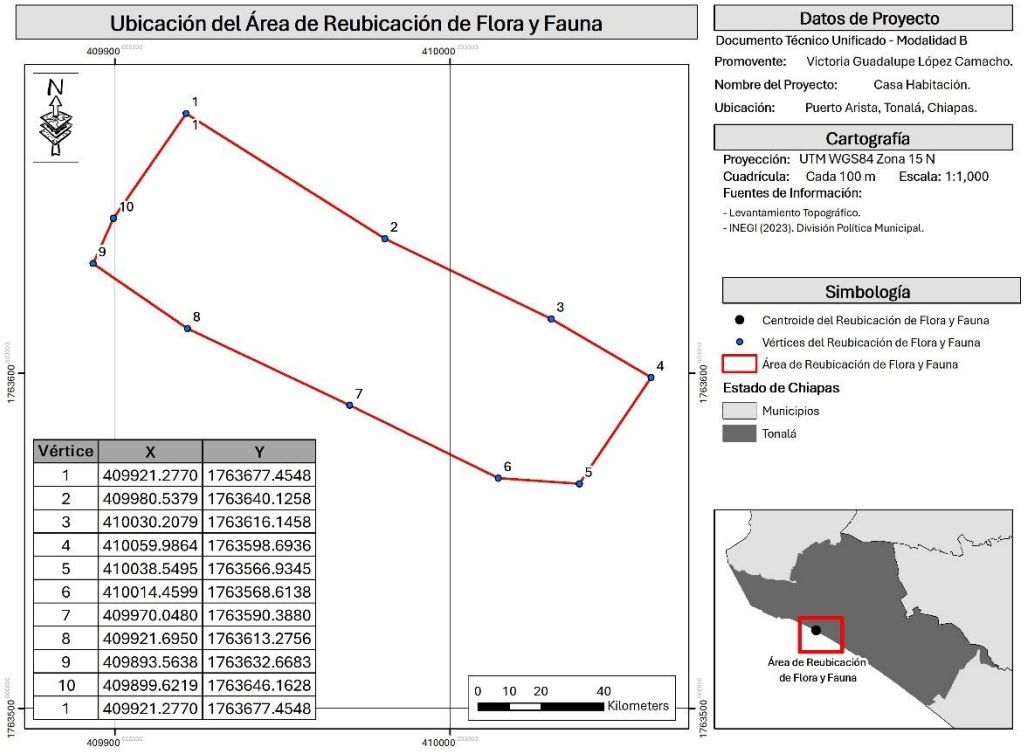
Los animales serán trasladados en cajas acondicionadas a los sitios previamente seleccionados y liberados en puntos separados por a lo menos 20 metros unos de otros, con el fin de evitar la interacción durante el periodo crítico, inmediatamente posterior a la liberación. En caso de rescates y reubicación de fauna en el sitio, se tomarán los datos del sitio, del área de captura y el área de reubicación, se realizará un anexo fotográfico de las acciones de seguimiento del programa.

El sitio seleccionado para la reubicación de la Fauna Silvestre consta de una superficie de 8,000.00 m dentro de la ANP Santuario Puerto Arista.

Enseguida, se presentan las coordenadas UTM (Datum WGS84 Zona 15 N) del área propuesta para la reubicación de las especies de fauna y el plano de ubicación.

Vértices	Coordenadas UTM	
	X	Y
1	409921.2770	1963677.4548
2	409980.5379	1963640.1258
3	410030.2079	1963616.1458
4	410059.9864	1963598.6936
5	410038.5495	1963566.9345
6	410014.4599	1963568.6138
7	409970.0480	1963590.3880
8	409921.6950	1963613.2756
9	409893.5638	1963632.6683
10	409899.6219	1963646.1628

Tabla 14. Coordenadas UTM del área de Reubicación de Fauna.



Vértice	X	Y
1	409921.2770	1763677.4548
2	409980.5379	1763640.1258
3	410030.2079	1763616.1458
4	410059.9864	1763598.6936
5	410038.5495	1763566.9345
6	410014.4599	1763568.6138
7	409970.0480	1763590.3880
8	409921.6950	1763613.2756
9	409893.5638	1763632.6683
10	409899.6219	1763646.1628
1	409921.2770	1763677.4548

Figura 3. Localización del área de reubicación de Fauna.

11.2.7. Programa general de evaluación

Las actividades de rescate de especies iniciarán una semana previo al inicio de la ejecución del proyecto y las acciones de seguimiento serán de forma permanente durante el tiempo de ejecución de este (Tabla 15).

Actividad	Todos los días antes de iniciar actividades	Primer Semana	Mensuales
Recorrido previo para identificación de Fauna		X	
Recorrido para ubicar Fauna	X		
Acciones de protección de Fauna			X
Seguimiento			X

Tabla 15. Calendario de Ejecución para la Protección de la Fauna Silvestre.

11.3. DATOS DEL PROMOVENTE Y RESPONSABLE QUE ELABORA LOS PROGRAMAS

11.3.1. Datos del Promovente

Nombre o Razón Social: C. Victoria Guadalupe López Camacho.

RFC: LOCV5207285M3

Dirección: 12ª poniente norte, No. 1680, C.P. 29030, Colonia Mirador, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

11.3.2. Datos de la persona que elabora los Programas

Nombre o Razón Social: Ing. José Rafael Ramos Moreno

RFC: RAMR690316M68

Dirección: Privada Mitla No. 298, Colonia Calichal, C.P. 29026, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Teléfono: 961 655 4789

Correo Electrónico: forestalmx@hotmail.com

ELABORÓ:

Ing. José Rafael Ramos Moreno

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
MODALIDAD B (DTU-B)

“CASA DE PLAYA, UBICADA EN PUERTA ARISTA, MUNICIPIO DE TONALÁ, CHIAPAS”

CAPÍTULO 12. PRONOSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACION DE ALTERNATIVAS

PROMOVENTE: MANUEL FRANCISCO ANTONIO PARIENTE GAVITO

MAYO, 2026

Contenido

CAPÍTULO 12. PRONOSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACION DE ALTERNATIVAS 1

12.1. Descripción y Análisis del Escenario 1

12.1.1 Escenario sin proyecto 1

12.1.2 Descripción y Análisis del Escenario con Proyecto sin medidas de prevención y mitigación 2

12.1.3 Descripción y análisis del escenario con medidas de prevención y mitigación 5

12.2 Pronósticos Ambientales 6

Lista de Tablas

Tabla 1. Factores impactados por el desarrollo del proyecto sin medidas de mitigación. 4

Tabla 2. Escala de valoración. 7

Tabla 3. Valoración de alternativas del proyecto. 7

CAPÍTULO 12. PRONOSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACION DE ALTERNATIVAS

El Pronóstico Ambiental del Proyecto constituye una herramienta importante que permite crear un borrador sobre el escenario resultante de la implementación de un proyecto. Se elabora bajo la perspectiva de alcanzar la compatibilidad entre las actividades a realizar con la protección y conservación del medio ambiente, además de su monitoreo, en especial de aquello componentes físicos y bióticos que por su valor ecológico sean importantes en el mantenimiento de la biodiversidad local y de los ciclos biogeoquímicos.

El análisis expuesto en este Capítulo pretende sintetizar de manera coherente el escenario ambiental esperando por el desarrollo del Proyecto, con base en información derivada de:

- El inventario y diagnostico ambiental del área de interés del Proyecto.
- El reconocimiento y caracterización de los impactos ambientales potenciales de las actividades pretendidas.
- El conocimiento de las medidas de prevención, mitigación y control ambiental propuesta, asumiendo su efectividad respecto de los objetivos para las cuales han sido recomendadas.

Se considera que existen impactos positivos y negativos como resultado de la implementación del Proyecto, siendo los ultimo mitigables con la aplicación de las medidas de mitigación y prevención propuesta. Se siguen los criterios técnicos y ambientales necesarios que permitan la menor afectación negativa hacia el entorno.

A continuación, se presenta las descripciones de los escenarios finales del sistema (sin y con el Proyecto), mostrando la reducción en la calidad ambiental por el Proyecto y la aplicación de las medidas de mitigación cuyo fin es prever, atenuar y compensar los cambios en el sistema ecológico.

12.1. Descripción y Análisis del Escenario

12.1.1 Escenario sin proyecto

En la actualidad, el área del proyecto cuenta con una superficie total de 2,501m^2, en donde el sitio se encuentra libres de actividades. Se localiza dentro de un uso de suelo y vegetación de Desprovisto de Vegetación y Pastizal Cultivado, de acuerdo con el INEGI (2021), sin embargo, tras los muestreos de campo, se determinó que el sitio cuenta con Vegetación de Dunas Costeras.

Por su ubicación dentro de la localidad de Puerto Arista, se considera inmerso dentro de un entorno semi urbanizado, por los usos de suelo existentes en sus colindancias, en donde se

observa la presencia de hoteles, casas habitación, vialidades, servicios públicos y comercios, es decir, una alta incidencia antropogénica.

Con base en el inventario de flora en el Area del Proyecto, la vegetación dentro del sitio presenta formaciones arbustivas y herbáceas. No se encontraron especies dentro de alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT -2010 y su Anexo Normativo III.

Por otro lado, la fauna identificada dentro del área del proyecto lo comprenden especies pertenecientes a los grupos faunísticos de Aves, Mamíferos y Reptiles, de las cuales únicamente se identificó a la especie *Ctenosaura Similis* en estatus de Sujeta a Protección Especial (Pr), respecto a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III.

Por su parte, el paisaje es representado las playas de Puerto Arista y el Océano Pacifico en el fondo visual, así como las viviendas, las palapas y comercios en las laterales y vegetación de dunas costeras dentro de los límites.

Sin la ejecución del Proyecto, el sitio continuaría sus funciones e interacciones naturales, no presentaría ningún tipo de alteración al no requerir trabajadores, materiales o servicios, no solo para la construcción sino también para la operación y mantenimiento a lo largo de la obra, es decir, no se producirían nuevas oportunidades laborales o el incremento de la oferta y demanda de bienes y servicios. El sitio continuaría abandonado y sin usos productivos.

12.1.2 Descripción y Análisis del Escenario con Proyecto sin medidas de prevención y mitigación.

El desarrollo del presente Proyecto, tiene como objetivo la construcción, operación y mantenimiento de una Casa de playa, integrando áreas recreativas, así como habitaciones que permitan realizar actividades de ocio y descanso con diversas amenidades, así como su operación y mantenimiento. Desde una perspectiva ecológica, el área del Proyecto forma parte de un ecosistema que integra componentes abióticos, tales como clima, geología, geomorfología, hidrología superficial y subterránea, edafología y dinámica litoral, aunado a componentes bióticos, es decir la flora y la fauna asociadas. La interacción entre estos elementos configura una unidad funcional ecológica, cuya estabilidad depende de la conservación de los flujos de energia y los ciclos de materia, así como de las interrelaciones complejas que garantizan su funcionamiento.

La capacidad de carga del ecosistema representa el umbral límite de presión que puede tolerar sin comprometer su integridad funcional, en relación con el uso del suelo o el aprovechamiento de sus recursos naturales. El monitoreo de dicha integridad se realizará a través de indicadores ambiéntales que permiten evaluar científicamente las condiciones ecológicas y su evolución temporal, conforme a los lineamientos establecidos por SEMARNAT (2005).

La zona en la que se localiza el Proyecto ya presenta un grado de perturbación antrópica significativo, con una presión latente provocada por el crecimiento de la mancha urbana. Se considera una zona semiurbanizada y turística, lo que implica una alta afluencia de visitantes de forma periódica. Por su parte, el proyecto considera la construcción, operación y mantenimiento de obras nuevas, con impactos asociados hacia diversos elementos del medio, a través del establecimiento de estructuras permanentes, al cambio y uso del suelo y la generación de ruido durante las labores en todas sus etapas.

En este contexto, la falta de regularización y la omisión de medidas adecuadas de prevención y mitigación ambiental podrían generar impactos negativos en la calidad paisajística, en el suelo, temas de contaminación y afectación excesiva a la vegetación, así como molestias a predios colindantes.

En términos de cobertura vegetal, la presencia de flora se limita a individuos del estrato arbustivo y herbáceas, en mucho menor cantidad y variedad en comparación a la existente en el Sistema Ambiental, particularmente en calles adyacentes y franja de playa, zonas con las cuales el Proyecto no mantiene interacción directa ni superposición espacial. No obstante, la falta de medidas en relación a la delimitación y respecto de las limitantes del proyecto, podrían afectar áreas mayores. Según la Serie VII de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI (2021), la mayor parte de la zona del Proyecto se encuentra clasificada como "Desprovisto de Vegetación", así mismo también se encuentra "Pastizal Cultivado", lo que confirma su carácter urbanizado y su desvinculación con ecosistemas primarios o de alta conservación.

Las visitas técnicas de campo efectuadas en el área de influencia han evidenciado un entorno ambiental con alteración antrópica significativa, principalmente asociada al crecimiento de los sectores turístico, inmobiliario y comercial, característicos de la dinámica costera regional. Aunque el entorno paisajístico conserva ciertos atributos visuales naturales propios de la zona, se observa que la configuración del Proyecto sin medidas, no contribuiría a la oferta de servicios ambientales ni contempla medidas eficaces de integración y conservación del paisaje.

Por tanto, este análisis establece las bases para una valoración objetiva del impacto ambiental del Proyecto, considerando tanto las condiciones preexistentes de degradación como los elementos del entorno que requieren estrategias de gestión ambiental diferenciada para garantizar la preservación, restauración y uso sustentable del territorio.

Factor	Con proyecto sin medidas
Atmosfera	La calidad del aire sólo pudiese ser impactada principalmente por emisiones ruido, de no considerarse horarios para las actividades de esparcimiento, ocio y descanso. De

Factor	Con proyecto sin medidas
	igual forma, la calidad del aire se ve impactada por la generación de polvo al realizar actividades con maquinaria.
Agua	Las actividades del proyecto generarán aguas residuales de tipo doméstico, por lo que estas, de no contar con un manejo adecuado, podrían causar afectación al medio inmediato al proyecto.
Flora	El estado actual de los elementos de flora y fauna en el área de influencia del Proyecto refleja un grado significativo de alteración, atribuible principalmente a la presencia de actividades antropogénicas históricas y actuales. En particular, el componente de flora ha sido afectado como resultado de la expansión de la frontera agrícola y del desarrollo urbano en los alrededores del polígono del Proyecto. La transformación del uso del suelo con fines residenciales y turísticos ha derivado en procesos de compactación edáfica, pérdida de la cobertura vegetal original y fragmentación o eliminación de hábitats naturales. Esta situación ha reducido drásticamente la diversidad del entorno, condicionando la presencia y distribución de especies silvestres. La superficie directa de ocupación muestra mínima presencia de especies herbaseas y arbustivas, que podrían ser eliminadas en su totalidad, de carecer de la delimitación de áreas verdes dentro del complejo.
Fauna	Sin las medidas de prevención, podría suscitarse situaciones en donde, por falta de conocimiento, se haría caso omiso al cuidado y manejo de especies propias de la región, e incluso de la tortuga marina, así como las especies catalogadas y que se identificaron en muestreos del SA que recaigan en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Anexo Normativo III, poniendo dichas especies en mayor riesgo.
Paisaje	El paisaje dentro del área del Proyecto se modificará, cambiando las condiciones visuales y estructurales que presenta en la actualidad, sin implicar modificaciones severas a la configuración escénica de la zona. El polígono del Proyecto se localiza en un área clasificada "Desprovisto de Vegetación", así mismo también se encuentra "Pastizal Cultivado", según la cartografía oficial del INEGI (Serie VII, 2021), lo que establece una compatibilidad de uso con las actividades propuestas. Este tipo de uso del suelo corresponde con la dinámica urbana vigente, caracterizada por la presencia de infraestructura y servicios tales como educación, salud, comercio, gobierno y otros rubros vinculados al crecimiento demográfico y al desarrollo urbano. Este proceso de urbanización ha conllevado, de manera gradual, la remoción o sustitución de los elementos naturales originales del paisaje, transformando el entorno hasta alcanzar las características fisiográficas y ecológicas que ahora definen la identidad de la región.
Aspectos sociales y economía de la región	La zona en donde se emplazará el Proyecto en análisis corresponde a una en donde se han transformado los servicios ambientales que se prestaban para ahora prestar otros servicios necesarios para un adecuado desarrollo social, cultural y económico. En este sentido, el Proyecto corresponde a implementar un servicio dentro de un ambiente modificado, que no debe dejar de lado los aspectos y componentes ambientales que hoy están presentes en el sitio. Por lo que actualmente desarrollar un proyecto, es compatible con la zonificación y los usos de suelo establecidos.

Tabla 1. Factores impactados por el desarrollo del proyecto sin medidas de mitigación.

Adicionalmente, la proximidad al Santuario "Playa Puerto Arista", zona de anidación de la Tortuga Marina, ace indispensable contar con un marco de cumplimiento ambiental sólido. La ausencia de medidas regulatorias podría comprometer la integridad biológica de esta especie bajo categoría de protección.

No obstante, se anticipan externalidades sociales positivas, entre ellas la generación de empleo para personas involucras en el desarrollo del Proyecto, así como beneficios económicos derivados de las actividades asociadas a su operación y mantenimiento.

12.1.3 Descripción y análisis del escenario con medidas de prevención y mitigación

El desarrollo del presente Proyecto, orientado a la construcción, operación y mantenimiento de una Casa de playa. De acuerdo con la evaluación de impactos ambientales, su ejecución no representa impactos ambientales negativos severos una vez concluido su desarrollo, dadas las diversas medidas específicas de prevención, mitigación y control ambiental diseñadas para mantener las afectaciones al medio natural al mínimo, evitando efectos adversos sobre el entorno inmediato.

El proyecto contempla la incorporación de estructuras con un enfoque ambiental, dado que serán construidas considerando la menor afectación posible hacia el medio. Respecto a la operación y mantenimiento de las obras, el impacto asociado, como la generación de ruido durante labores esporádicas de mantenimiento, será de baja intensidad y temporalidad limitada.

Si bien el proyecto contempla el cambio de uso de suelo sobre el área delimitada para el proyecto, removiendo las especies que ocupan dicha superficie de manera natural, el diseño arquitectónico del proyecto considera un amplia superficie de áreas verdes donde se reintegrarán especies nativas y endémicas de ornato, quedando prohibida la introducción de especies clasificadas como "invasoras" o "exóticas", a fin de evitar que interfieran con el establecimiento y preservación de las especies nativas o endémicas antes mencionadas.

De igual manera, el proyecto contempla el rescate y reubicación de flora, conforme a lo establecido en el Programa integrado en este estudio, aunado a la Reforestación propuesta para la recuperación de flora de dunas costeras dentro del Sistema Ambiental.

Respecto a la emisión de ruido, se prevé que las actividades inherentes a la construcción, operación y el mantenimiento se ejecuten en horarios matutinos, reduciendo así la probabilidad de afectación a poblaciones cercanas. Las herramientas empleadas serán mayoritariamente manuales y se mantendrán en condiciones óptimas de funcionamiento, asegurando que los niveles sonoros se mantengan dentro de los límites establecidos por la NOM-081-SEMARNAT-1994.

De igual forma, respecto a las emisiones de gases a la atmosfera se prevé que la maquinaria se encuentre en buen estado, así mismo también se implementara el uso de bitácora de mantenimiento con el fin de garantizar el buen funcionamiento de maquinaria y disminuir las emisiones a la atmosfera.

En relación con la biodiversidad, se ejecutarán acciones de ahuyentamiento para fauna, así como rescate y reubicación de ser necesario. Se instalarán señalizaciones informativas en puntos estratégicos del sitio para advertir sobre la prohibición absoluta de caza, captura o manipulación de fauna silvestre que pudiera encontrarse en la zona. Asimismo, quedará estrictamente prohibido extraer especies vegetales nativas de relevancia ecológica. En caso de detectarse alguna de estas conductas, se procederá a notificar de forma inmediata a la autoridad ambiental competente.

Con respecto a la gestión de residuos sólidos, se dispondrán contenedores con tapa hermética para su almacenamiento temporal, lo que evitará la dispersión de residuos por acción del viento, escurrimientos pluviales o fauna silvestre. Esta acción tiene por objetivo preservar la calidad estética del paisaje, evitar impactos sobre los ecosistemas costeros colindantes (suelo y cuerpos de agua) y mitigar el riesgo de contaminación ambiental por arrastre hacia zonas sensibles como playas o el mar. En cuanto a las aguas residuales domésticas, se contará con un biodigestor, que contará con mantenimiento periódico por empresas especializadas y autorizadas en el manejo de aguas residuales.

A fin de mantener el impacto dentro de límites aceptables, se delimitará con precisión el área destinada al Proyecto, evitando intervenciones fuera del polígono autorizado. Asimismo, se promoverá el uso racional de recursos naturales mediante la instalación de dispositivos de ahorro de agua, el uso de luminarias eficientes con emisión controlada y de baja intensidad (evitando el impacto en la fauna nocturna), y el empleo exclusivo de productos biodegradables para tareas de limpieza y mantenimiento. Asimismo, se realizará la limpieza y mantenimiento del agua de la alberca, a fin de evitar el cambio y desperdicio del agua que albergará.

Se implementarán todas las medidas de mitigación y prevención derivadas del análisis de impactos expuesto en el Capítulo 5, así como aquellas que la autoridad ambiental considere necesarias. Estas acciones son esenciales para asegurar la regulación adecuada, control efectivo y compensación oportuna de impactos ambientales, contribuyendo así al equilibrio ecológico y la sustentabilidad operativa del Proyecto.

12.2 Pronósticos Ambientales

Como se mencionó al inicio del presente capítulo, para la formulación del pronóstico del proyecto, se realizó el análisis del *Escenario Actual (Sin proyecto), Escenario con Proyecto* y el *Escenario con Proyecto y Medidas de Prevención y Mitigación* donde fueron considerados los parámetros ya mencionados. Por otra parte, se realizó una evaluación de alterativas mediante un análisis multicriterio a través del uso de una matriz de valoración de alternativas (Conesa-Vitora, 2011), con una escala de valoración simple (Tabla 2).

Escala	Comportamiento de la alternativa frente al criterio
-2	Muy negativo
-1	Negativo
0	Medio/Indiferente
1	Positivo
2	Muy positivo

Tabla 2. Escala de valoración.

La evaluación de alternativas pretende comparar las situaciones o escenarios alternos generados en función de los fines y objetivos del proyecto. Para ellos, se deben considerar las siguientes alternativas:

- ✓ Viabilidad técnica
- ✓ Eficiencia ambiental
- ✓ Rentabilidad económica

En seguida, se presenta la matriz elaborada considerando los escenarios que podrían considerarse respecto a la ejecución del proyecto:

Criterios	Alternativas		
	Escenario 1	**Escenario 2**	**Escenario 3**
Calidad del aire	1	-1	0
Intensidad del ruido	0	-2	-1
Geomorfología	1	-1	0
Estrato herbácea y arbustivo	2	-1	1
Desplazamiento de comunidades faunísticas	1	-1	0
Calidad paisajística	0	-1	1
Calidad de vida	-1	-1	2
Generación de empleos	-2	1	2
Total	**2**	**-7**	**5**

Tabla 3. Valoración de alternativas del proyecto.

Con base en el análisis de los impactos potenciales asociados al desarrollo del Proyecto y considerando la implementación de las medidas de prevención y mitigación descritas en el Capítulo correspondiente, así como lo cuantificado en la Tabla 3, se concluye que los efectos negativos identificados presentan un comportamiento de baja relevancia y son, en su mayoría, mitigables. A partir de lo anterior, se determina lo siguiente:

El desarrollo del Proyecto genera impactos tanto negativos como positivos, siendo algunos de ellos incompatibles de forma moderada, aunque todos susceptibles de mitigación mediante las acciones previamente establecidas. Dado que el área se encuentra inmersa dentro de una zona con gran presencia e impacto antropogénico, uno de los factores más sensibles corresponde a la emisión de ruido derivada de actividades constructivas, operativas y de mantenimiento, situación que será abordada con medidas específicas orientadas a la reducción acústica. Asimismo, se expresa la disposición plena del

promovente para cumplir con cualquier medida adicional que la Autoridad Ambiental competente considere necesaria.

En cuanto a la biodiversidad, con base en los recorridos y visitas de campo efectuadas, **no** se identificó la presencia de especies faunísticas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. En caso del avistamiento de alguna especie, se aplicarán acciones preventivas enfocadas a la protección y conservación de la fauna silvestre, haciendo especial énfasis en el resguardo de la Tortuga Marina, dada la proximidad del Proyecto al Santuario "Playa Puerto Arista". Estas medidas incluyen la vigilancia de playas de anidación, el manejo adecuado de residuos y la implementación de campañas de sensibilización ambiental mediante carteles informativos dirigidos a usuarios y visitantes. De igual manera, a lo largo del DTU, se demuestra que el proyecto no afectará la biodiversidad, dado que todas las especies que serán removidas dentro de área del proyecto se encuentran presentes en el SA en mayor cantidad.

Se reitera el compromiso del promovente para garantizar la seguridad e integridad de las especies de flora y fauna presentes en el entorno inmediato, mediante la aplicación rigurosa de las medidas preventivas, correctivas y compensatorias descritas en el Capítulo 6 del presente DTU-B. De igual forma, para la construcción del proyecto, se contempla una gran extensión del proyecto para la implementación de áreas verdes de especies endémicas o nativas de la región.

Por otro lado, el desarrollo del Proyecto implica un beneficio socioeconómico relevante para la región, mediante la generación de empleos locales asociados a labores de mantenimiento, además de contribuir al incremento de la plusvalía de la zona y, con ello, fortalecer el sector turístico regional.

En conclusión, con base en la metodología utilizada para la evaluación de impactos, así como los levantamientos de campo realizados, se considera que el Proyecto es ambientalmente viable, siempre y cuando se implementen de forma eficaz las acciones orientadas a la prevención, mitigación y compensación de impactos, así como aquellas que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) determine como necesarias para garantizar la sostenibilidad y adecuada integración del Proyecto al entorno natural.

.

DOCUMENTO TÉCNICO UNIFICADO
MODALIDAD B (DTU-B)

“CASA DE PLAYA, UBICADA EN PUERTA ARISTA, MUNICIPIO DE TONALÁ, CHIAPAS”

CAPÍTULO 13. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

PROMOVENTE: MANUEL FRANCISCO ANTONIO PARIENTE GAVITO

MAYO, 2026

Contenido

CAPÍTULO 13. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES 1

13.1. PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN 1

13.1.1. Cartografía 1

13.1.2. Fotografías 2

13.1.3. Videos 2

13.2. OTROS ANEXOS 2

13.2.1. Referencias Bibliográficas 3

CAPÍTULO 13. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

13.1. PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para el *Documento Técnico Unificado del Trámite Unificado de Cambio de Uso de Suelo Forestal Modalidad B (DTU-B)* del Proyecto denominado **"CASA DE PLAYA, UBICADA EN PUERTA ARISTA, MUNICIPIO DE TONALÁ, CHIAPAS"** se presentan Cartas Topográficas, Edafológicas, Climáticas, Fisiográficas, Geológicas, Hidrológicas, por mencionar algunas; adaptadas para señalizar la ubicación del predio, el área del Proyecto y el área de CUSTF con respecto a cada tema abordado en los diferentes Capítulos.

De acuerdo con lo establecido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se entrega un ejemplar impreso del DTU-B para su evaluación. Asimismo, todo el estudio está grabado en dos unidades extraíbles (USB), incluyendo los Anexos, bases de datos, planos temáticos y archivos de georreferenciación.

13.1.1. Cartografía

En los Anexos se integran todos los planos georreferenciados referentes a la información contenida en los Capítulos correspondientes. Asimismo, se *adjuntan* imágenes satelitales obtenidas por medio del software libre Google Earth.

Se utilizaron las coberturas digitales de las siguientes cartas temáticas generadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y descargadas desde su sitio web oficial:

- Unidades Climáticas, Escala 1: 250,000 (2008).
- Red Hidrológica, Escala 1: 50,000 Edición 2.0 (2009).
- Modelo Digital de Elevación del Estado de Chiapas (2013).
- Carta Geológica, Escala 1: 250,000 (2017).
- Carta Edafológica, Serie III, Escala 1: 250,000 (2021).
- Continuo Nacional de Aguas Subterráneas, Escala 1: 250,000 (1996).
- Sistemas de Topoformas, Escala 1:1'000,000 (2001).
- Provincias Fisiográficas, Escala 1:1'000,000 (2001).
- Subprovincias Fisiográficas, Escala 1:1'000,000 (2001).
- Uso de Suelo y Vegetación, Serie VII, Escala 1: 250,000 (2021).

Asimismo, se obtuvieron las siguientes coberturas digitales para las áreas de importancia ecológica, generadas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO):

- Áreas Naturales Protegidas Federales, Escala 1: 50,000 (2025).
- Áreas Naturales Protegidas Estatales, Escala 1: 50,000 (2025).
- Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICAS), Escala 1: 250,000 (2015).
- Sitios RAMSAR de México (SEDATU, 2019).
- Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), Escala 1:4'000,000 (2002).
- Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), Escala 1:1'000,000 (2004).
- Regiones Marinas Prioritarias (RMP), Escala 1:4'000,000 (2008).
- Provincias Biogeográficas, Escala 1:4'000,000 (2001).

Además, se utilizaron las coberturas digitales siguientes para la vinculación del Proyecto con los ordenamientos jurídicos:

- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (2012).
- Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Chiapas (2012).
- Programa de Ordenamiento Territorial de la Región Sur Sureste (2023).
- Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio de los Paisajes Sostenibles de la Sierra Madre y Costa de Chiapas (2024).

13.1.2. Fotografías

En los Anexos se incluye una serie de fotografías referentes a los estudios de Flora y Fauna del DTU-B, así como a vistas de la superficie del Proyecto en su estado actual.

13.1.3. Videos

No aplica.

13.2. OTROS ANEXOS

Se adjunta de forma digital la siguiente información:

- Anexo Fotográfico.
- Coordenadas del área del Proyecto y del área sujeta a CUSTF.
- Base de datos de Flora y Fauna.
- Cálculos de Volumen de la Vegetación Forestal.
- Cálculos de Erosión e Infiltración de la CHF y del área sujeta a CUSTF.
- Cálculo de Carbono almacenado.
- Índices de Diversidad de Flora y Fauna de la CHF y del área sujeta a CUSTF.
- Coordenadas UTM de la superficie de reforestación y del área de reubicación de Flora y Fauna.
- Listado Comparativo de Flora y Fauna con información de gabinete.
- Coordenadas UTM de los sitios de muestreo de Flora (centroide y vértices).

- Coordenadas UTM de los transectos, redes de niebla, cámaras trampa y trampas (Sherman y Tomahawk) para muestreo de Fauna.
- Planos temáticos y del conjunto del Proyecto.

De igual forma, en los Anexos se *adjunta* la documentación legal de la Promovente y del Prestador de Servicios Forestales encargado de la elaboración del estudio.

13.2.1. Referencias Bibliográficas

Atlas de Árboles de Costa Rica. Cornizuelo – Vachellia collinsii. Directorio de árboles. Consultado en https://costaricatreeatlas.org/es/trees.

Birigazzi, L.; Fernández, J.; Baldasso, M.; Trotta, C.; Saint-André, L.; Sola, G., and Henry, M. (2013). *Georeferenced database of tree volume and biomass allometric equations for North America.* UN-REDD Programme. Rome, Italy. 60pp.

CALCBOSK Equation Database. Recurso en línea en: https://climateregistry.sharepoint.com/:x:/g/EX15E8LwQA1BjkQUMSbj0sABcuWXdOKBu5iI4N4WRDdc0Q?rtime=rA_xXzdy2Ug

Colín A., Diez A. y Bernal L. A. (2014). *Parámetros Fisicoquímicos y Biológicos de la Calidad del Agua.* En: Aplicaciones Electroquímicas al Tratamiento de Aguas Residuales, Barrera C. E. (Editor). Reverté Ediciones S.A. de C.V., México, 348 pp.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2024). Indicadores de la calidad del agua superficial y subterránea. Gerencia de Calidad del Agua. Consultado en: www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/925192/Generalidades_Indicadores_de_calidad_del_agua.pdf

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2024). Situación de los Recursos Hídricos en México: Calidad del Agua. Recurso disponible en el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA 3.0): https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/SINA/?opcion=calidad

Comisión Nacional Forestal – CONAFOR. (2009). *Inventario Nacional Forestal y de Suelos de México 2009 – 2014. Una herramienta que da certeza a la planeación, evaluación y el desarrollo forestal de México.* 1ª Ed. Zapopan, Jalisco, México. 22 pp.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2010). *Prácticas de Reforestación. Manual Básico*. Primera Edición. México.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2015). *Manual de Restauración Forestal y Reconversión Productiva.* 1ª Edición. México. 111 pp.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2015). *PROTOCOLO. Estimación de las reservas de carbono en la biomasa forestal en México.* México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2024). *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica. (2024). **Información Ganadera**. Recurso en línea en: https://ceieg-test.subseplan.chiapas.gob.mx/indicador/chiapas-se-ubica-en-el-decimo-lugar-a-nivel-nacional-por-el-valor-de-produccion-de-ganado-y-aves-en-pie

Comunidad Andina (CAN). (2008). *Manual de Estadísticas Ambientales Andinas.* Secretaría General de la Comunidad Andina. Lima, Perú. 95 pp. En línea en: http://www.cepal.org/deype/noticias/noticias/7/44607/Indicadores_CAN_completo.pdf

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Última reforma publicada el 17 de enero de 2025. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 393 pp.

Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Chiapas. Última reforma publicada el 23 de enero de 2025. Secretaría General de Gobierno. 122 pp.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2022). *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.* Consultado en: dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022#gsc.tab=0.

Duchaufour, P.H. (1984). *Edafología. Edafogénesis y clasificación*. Ed. Masson, España. 493 pp.

Fernández Moreno Y. (1998). *Contribución al estudio de la Fauna Silvestre libre de El Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.* [Tesis de Licenciatura]. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). Instituto de Ciencias Biológicas. 102 pp.

Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO). (2016). *Microcuencas hidrológicas.* En línea en: http://sig-geek.blogspot.com/2016/02/descarga-de-datos-geograficos-mexico.html

Figueroa, S.B.; A. Amante O.; H.G. Cortés T.; J. Pimentel L.; E.S. Osuna C.; Rodríguez O. J. M., y Morales F.F.J. (1991). Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre (SARH). Colegio de Postgraduados. Centro regional para estudios de zonas áridas y semiáridas. 150 pp

Figueroa, S.B.; A. Amante O.; H.G. Cortés T.; J. Pimentel L.; E.S. Osuna C.; Rodríguez O. J. M., y Morales F.F.J. (1991). *Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión.* Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre (SARH). Colegio de Postgraduados. Centro regional para estudios de zonas áridas y semiáridas. 150 pp.

Flores Hernández L.E., Farrera Sarmiento O. y Bravo-Gil B. (2014). *Estudio de vegetación asociada a zonas extractoras de material pétreo al Suroeste de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.* Lacandonia, Volumen 8, Número 2. Chiapas, México. p. 31-38.

Flores, E. (2016). Estimación de la Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica en Tres Cuencas de la República Mexicana, Utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. Universidad Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. México. 146 pp

Fragoso, L. P. I. (2003). *Estimación del contenido y captura de carbono en biomasa aérea del predio "Cerro Grande" Municipio de Tancítaro, Michoacán*. México, DF, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Francis, J.K. y Lowe, C. A.; eds. Trabanino, S. (2000). *Silvics of Native and Exotic Trees of Puerto Rico and the Caribbean Islands.* Gen. Tech. Rep. IITF-15. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 582 pp.

García E., Sotomayor A., Silva S. y Valdebenito, G. (2000). *Establecimiento de Plantaciones Forestales*. Instituto Forestal. Colombia.

Gottle, A. y Sène, E.H. (1997). *Funciones protectivas y ambientales de los bosques*. Unasylva, Vol. 48, Núm. 190-191. Consultado en: http://www.fao.org/3/w6251s/w6251s06.htm

Gutiérrez, J. y Salazar, M. A. (1986). *Impacto de la reforestación en la sierra de Zapalinamé sobre las tasas de infiltración.* Agraria, 2(2), 286-302. Consultado en: revistaagraria.com/index.php/agraria/article/view/381

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (2006*). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.* National Greenhouse Gas Inventories Programme. Japan.

Iuell B., Bekker H., Cuperus R., Dufek J., Fry G., Hicks C., Hlavác V., Keller V., Rosell C., Sangwine T., Torslov N. y Wandall B. (2005). *Fauna y Tráfico. Manual europeo para la identificación de conflictos y diseño de soluciones.* Organismo Autónomo Parques Nacionales. España, 166 pp.

Jain, R.K, Urban, L.V. Stacey, G.S. (1977). *Environmental impact analysis*. Ed. Van Nostrand Reinhold Company. USA.

Ley Ambiental para el Estado de Chiapas. Última reforma publicada el 13 de febrero de 2025. Periódico Oficial Núm. 120. Decreto Núm. 253. 108 pp.

Ley de Aguas Nacionales (LAN). Última reforma publicada el 08 de mayo de 2023. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 110 pp.

Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA). Publicada el 20 de mayo de 2021. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 17 pp.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). Última reforma publicada el 01 de abril de 2024. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 72 pp.

Ley General de Vida Silvestre (LGVS). Última reforma publicada el 20 de mayo de 2021. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 72 pp.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Última reforma publicada el 01 de abril de 2024. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 135 pp.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Última reforma publicada el 08 de mayo de 2023. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 53 pp.

López, J. L., Sánchez, V., y Hernández, E. (2010). *Crecimiento inicial de una plantación mixta de especies tropicales en Veracruz.* Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 1(2), 65-79.

Montero, F.M., Valdez, J. I., De Los Santos, H. M., Cetina, V. M., y Sánchez, L. R. (2011). *Crecimiento inicial de especies arbóreas multipropósito en un terreno ganadero del norte de Veracruz.* Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 2(3), 53-68.

Montes-León, M., Uribe-Alcántara, E., & García-Celis, Efraín. (2011). *Mapa nacional de erosión potencial. Tecnología y ciencias del agua.* 2(1), 05-17. Consultado en: www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007242220110001000001&lng=es&tlng=es.

Naciones Unidas (UN). (2005). *Manual de Estadísticas Ambientales: Glosario de Términos Ambientales.* Santa Cruz de la Sierra, p. 31-45.

Navarro R., Espinosa M., Suárez M., Rodríguez X., Álvarez Y., y Pedro S. (2005). *Material de Referencia para la Determinación de la Demanda Química de Oxígeno en Aguas y Aguas Residuales.* CENIC Ciencias Químicas. Vol. 36, Núm. Especial, 8 pp.

Ordoñez, *et al.* (2015). *Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski*

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. (1982). *Carta Mundial de los Suelos*. 8 pp. En línea en: http://www.fao.org/3/az897s/ az897s.pdf

Ortega A. y Granados D. (2022). Sílvica de Cóbano (Swetenia Humilis). [Tesis de Licenciatura], Universidad de Agroforestería de Michoacán, México. 142 pp..

Palacios Espinosa E., Beutelspacher C. R. y Sarmiento Cortez O. (2016). *Vegetación y flora del Parque Ecológico y Recreativo El Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.* Lacandonia, Volumen 10, Número 1. Chiapas, México. 37-86 pp.

Pérez, I., Gómez, C., Velázquez, G. y Mundo, J. (2025). Family Business and Beach Vendors in Puerto Arista, Chiapas. London Journal of Research in Humanities & Social Science. Vol. 25, No. 8, Comp. 1.0.

Rau, J.G y D.C. Wooten. (1980). *Environmental impact analysis handbook*. McGraw-Hill. USA.

Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). Publicado el 09 de diciembre de 2020. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 87 pp.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA). Última reforma publicada el 31 de octubre de 2014. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 29 pp.

Ríos, B. (1987). *Efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo*. Tesis de Maestría. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 226 pp.

Rojas-García, F.; De Jong, B.; Martínez-Zurimendi, P., y Paz-Pellat, F. (2015). Database of 478 allometric equations to estimate biomass for Mexican trees and forests. *Annals of Forest Science.* 30pp.

Rojo, J. M. y Sanginés, A. G. (2002). *El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico.* Gaceta ecológica, (63), 40-59.

Román Guillén L. M., Orantes García C., Del Carpio Penagos C.U., Sánchez Cortés M. S., Ballinas Aquino M.L. y Farrera Sarmiento O. (2019). *Diagnóstico del arbolado de alineación de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.* Madera y Bosques, Volumen 25, Número 1. Xalapa, Veracruz.

Rzedowski, J. (1994). *Vegetación de México*. Ed. Limusa, México. 432pp.

Salgado, O. & Silva, C. (2008). Evaluación de la capacidad de rebrote de dos especies arbóreas del bosque seco secundario de Nandarola, Nandaime, Granada. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad Nacional Agraria. 62 pp.

Sawyer C., McCarty P., y Parkin G. (2001). *Química para Ingeniería Ambiental.* Editorial McGraw Hill. Bogotá, pp. 713.

Secretaría de la Convención de Ramsar. (2006). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971).* 4ª Ed. Gland, Suiza. 124 pp.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2012). *Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Chiapas (POETCH)*. Periódico Oficial Tomo III, No. 405.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2015). *Medio Ambiente en México 2013-2014.* Consultado en: apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_1.html.

Secretaría de Turismo del Estado de Chiapas. (2025). Reporte Estadístico de Indicadores del Sector Turístico del Estado de Chiapas – Diciembre 2025. 20 pp.

Secretaría General de Gobierno. (2012). *Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Chiapas (POETCH)*. Periódico Oficial Tomo III, No. 405.

Semedo, D., Pavão, D., Borges, L., Roxo, G., Resendes, R., Romeiras, M., Moura, M., Silva, L. (2026). Climate-growth relationships in the introduced dominant woody tree Neltuma juliflora in Santiago Island, Cabo Verde Archipelago (Eastern Atlantic), Journal of Arid Environments, Volume 233.

Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. (2008). *Conjunto de Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental.* SEMARNAT. México.

The Nature Conservancy, Amazon Conservation Team. (2019). Protocolo para la estimación y el monitoreo del carbono en coberturas forestales y no forestales de Colombia. Colombia. 64 pp.

Torres, J. y Guevara, A. (2002). *El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico.* Gaceta Ecológica. 63:40-59

Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. (1999). *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación.* Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO – Instituto de Ecología, UNAM

Villarreal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A.M. Umaña. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad.* Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 2ª edición. 236 pp.

Zhen B. Y. (2009). *Calidad Fisicoquímica y Bacteriológica del Agua para Consumo Humano de la Microcuenca de la Quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, Año Hidrológico 2007-2008.* Tesis de Maestría. Universidad Estatal a Distancia (UNED). Escuela de Ciencias Exactas y Naturales. San José, Costa Rica. 204 pp.