CONTENIDO

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. 2

I.1 Proyecto. 2

I.1.1 Nombre del proyecto. 2

I.1.2 Ubicación del proyecto. 2

I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto. 3

I.2. Promovente. 3

I.2.1 Nombre o razón social. 3

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes. 3

I.2.3 Nombre y cargo del representante legal. 3

I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones. 3

I.3 Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental. 4

I.3.1 Nombre o Razón Social 4

I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP. 4

I.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio. 4

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

I.1 Proyecto.

I.1.1 Nombre del proyecto.

VELAMAR ETAPA 1

I.1.2 Ubicación del proyecto.

El proyecto se ubica aproximadamente en el kilómetro 19 de la carretera 27 Progreso-Telchac, en la localidad de Ixil, en el municipio de Ixil, Yucatán. El predio está conformado por la unión de dos predios, el predio con tablaje 2792 con una superficie de 23,532.89 m^2 (2.353289 ha) (Figura I.1 y Tabla I.1 y I.2).

Tabla I.1. Áreas de los Tablajes catastrales del Proyecto.

Tablaje catastral	Área (m^2)
2792	23,532.89
Total	**23,532.89**

Tabla I.2. Coordenadas geográficas en UTM de los tablajes catastrales del Proyecto.

CUADRO DE CONSTRUCCION						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				1	2,359,195.78	241,976.43
1	2	N 82°59'15.40" E	105.92	2	2,359,208.71	242,081.56
2	3	S 05°41'07.45" E	113.19	3	2,359,096.08	242,092.77
3	4	N 83°04'18.15" E	2.02	4	2,359,096.33	242,094.78
4	5	S 05°41'07.43" E	111.78	5	2,358,985.09	242,105.85
5	6	S 86°43'11.05" W	106.75	6	2,358,978.98	241,999.27
6	1	N 06°00'49.31" W	218	1	2,359,195.78	241,976.43
SUPERFICIE = 2-35-32.89 HA						

Figura I.1 Mapa de ubicación del polígono del Proyecto con respecto al Municipio.

I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto.

El tiempo de vida útil del proyecto será de 50 años.

I.2. Promovente.

I.2.1 Nombre o razón social.

ARARIV S.A. DE C.V.

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes.

ARA241213CSA

I.2.3 Nombre y cargo del representante legal.

[redacted]

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

[redacted]

I.3 Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental.

I.3.1 Nombre o Razón Social

[redacted]

I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP.

[redacted]

I.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio.

[redacted]

CONTENIDO

II. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO. 2

II.1. NATURALEZA DEL PROYECTO. 2

II.1.3 UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO Y PLANOS DE LOCALIZACIÓN. 7

II.1.4 INVERSIÓN REQUERIDA 7

II.1.5 DIMENSIONES DEL PROYECTO 7

II.1.7 URBANIZACIÓN DEL ÁREA Y DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS REQUERIDOS 9

II.2. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO 14

II.2.1 PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO 15

II.2.3 DESCRIPCIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES PROVISIONALES DEL PROYECTO. 18

I.2.4 Etapa de construcción. 19

II.2.5 ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. 22

II.2.6 DESCRIPCIÓN DE OBRAS ASOCIADAS AL PROYECTO. 24

II.2.7 ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO. 24

II.2.8 UTILIZACIÓN DE EXPLOSIVOS. 24

II.2.9 GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y EMISIONES A LA ATMÓSFERA. 24

II.2.10 INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO Y LA DISPOSICIÓN ADECUADA DE LOS RESIDUOS. 26

II. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

II.1. NATURALEZA DEL PROYECTO.

El proyecto consiste en la urbanización y lotificación de un terreno de 23,532.89 m² (2.35 ha). Se pretende la división del terreno a lotificar en 70 lotes habitacionales con una superficie conjunta de 12,318.05 m² y cuenta actualmente con 1,274.36 m² de calles existentes que se mantendrán; y se habilitarán 2,419.56 m² de vialidades sin pavimentación; y una reserva natural de laguna de 6,246.16 m² que pertenece al Área Natural Protegida "Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán", misma que se mantendrá como área de conservación; así como 1,274.76 m² de derecho de vía. El cuadro de áreas del proyecto se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 1. Cuadro de superficies del proyecto Velamar Etapa 1.

LOTES 70	SUPERFICIES	
SUPERFICIE TOTAL DEL PREDIO	23,532.89 m²	100 %
USO HABITACIONAL	12,318.05 m²	52.34 %
VIALIDADES EXISTENTES	1274.36 m²	5.42 %
VIALIDADES FUTURAS	2419.56 m²	10.28 %
DERECHO DE VIA	1,274.76 m²	5.42 %
AREA DE CONSERVACIÓN	6,246.16 m²	26.54 %

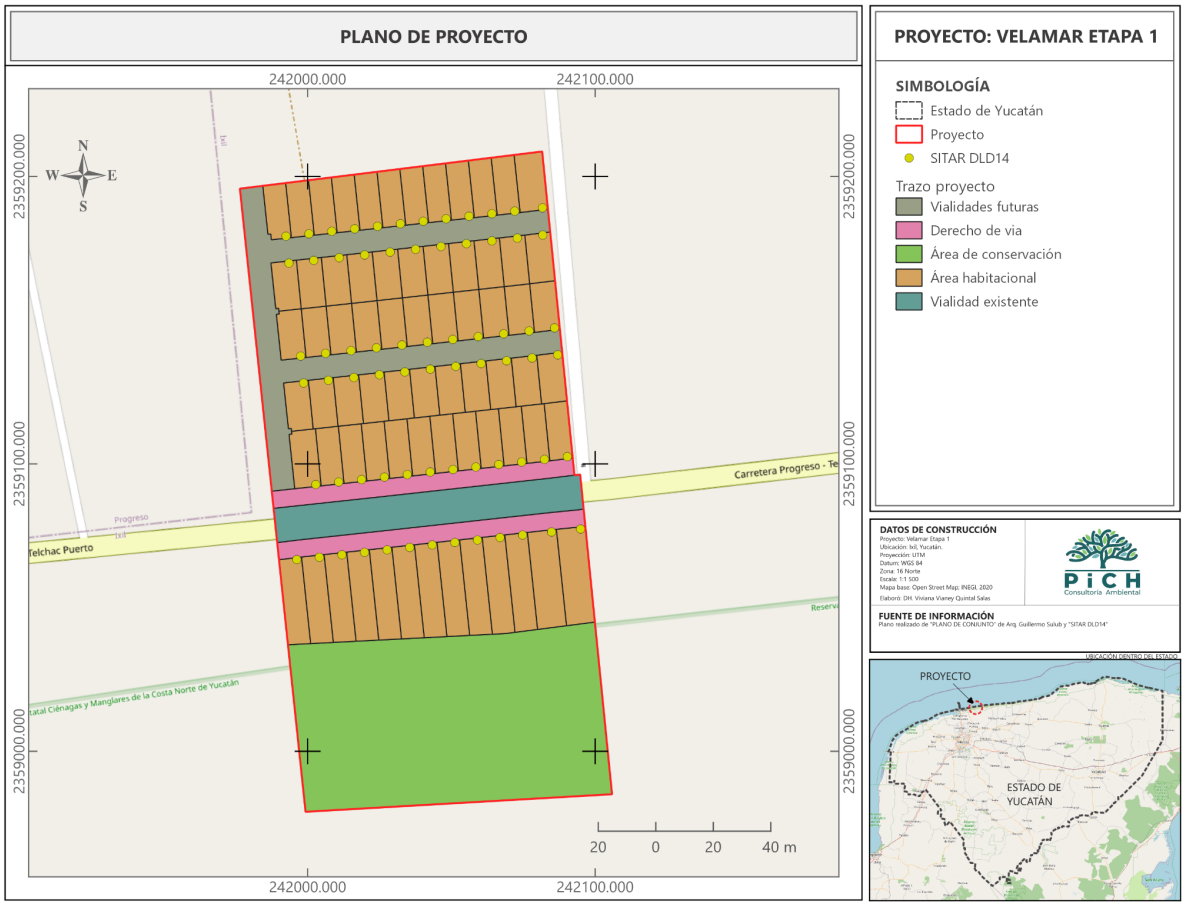

Figura II.1a. Diseño del proyecto Velamar Etapa 1. Distribución de superficies.

En el predio, de acuerdo con imágenes históricas Google Earth®, en el 2017 no contaba con caminos ni brechas. Sin embargo, en el 2021, ya se muestra la presencia de una brecha de acceso hacia uno de los predios que está frente a la costa, tal como se muestra en las figuras siguientes. Dicho camino formará parte de las áreas destinadas a la urbanización (vialidades) y lotificación (lotes) del proyecto. El predio fue adquirido en el año 2025, lo que se hace constar por el contrato de compraventa anexo a este estudio, por lo que dicha brecha no fue abierta por el promovente de este proyecto.

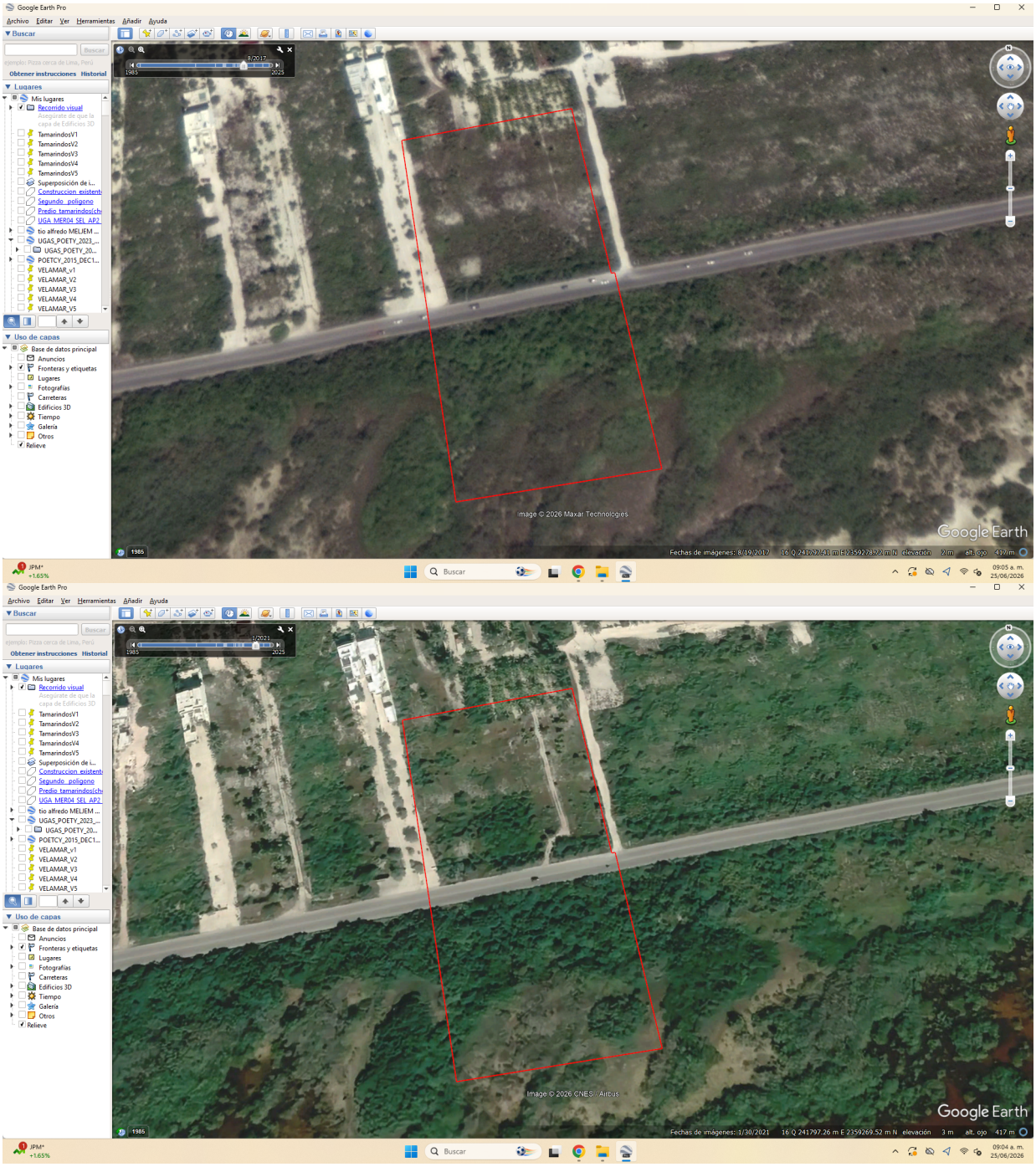

Figura II.2. Imágenes históricas del predio donde se pretende realizar el proyecto Velamar Etapa 1.

Al superponer la imagen del proyecto con la carretera y la vialidad existentes, se representa como se muestra en la figura II.3.

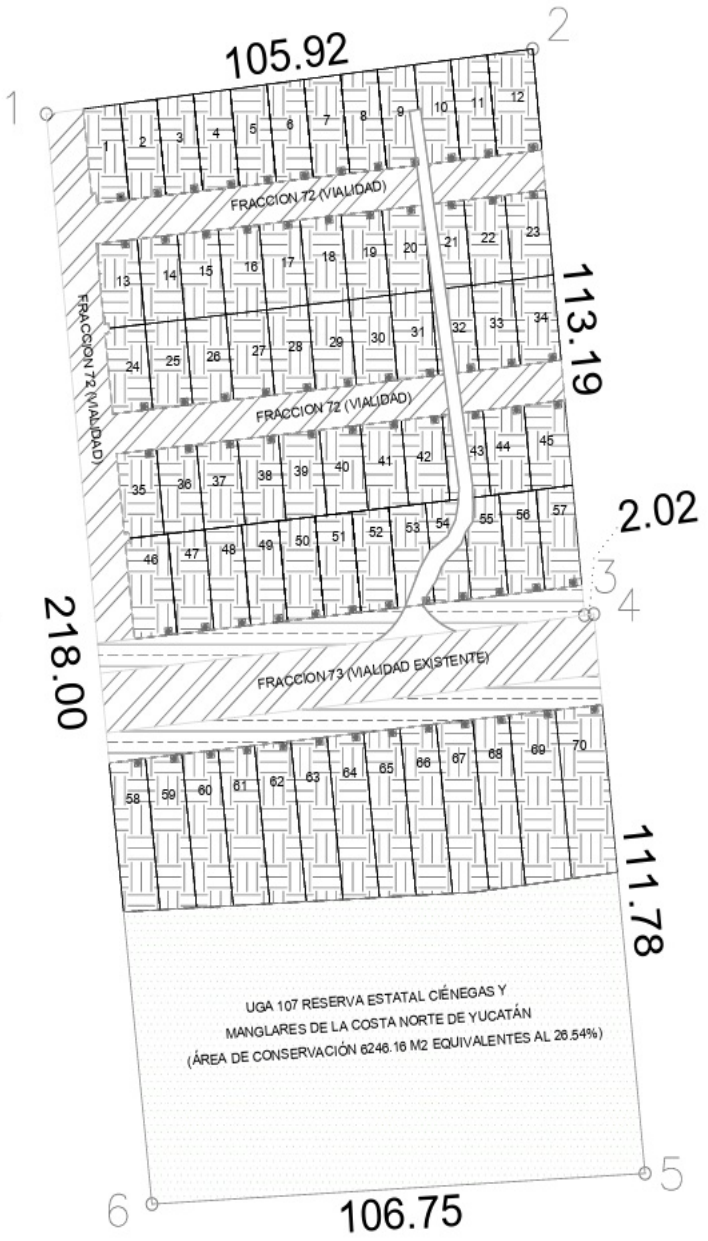

Figura II.3 Superposición de la carretera y la brecha existentes con el diseño y componentes del proyecto (vialidades futuras y lotes).

II.1.2 SELECCIÓN DEL SITIO

Los criterios considerados para la selección del sitio fueron los siguientes:

- Que el área del proyecto sea apta para el desarrollo de una unidad habitacional y que tenga las dimensiones adecuadas para el desarrollo del proyecto.
- Que la zona donde se encuentra tuviera un valor turístico y belleza paisajística, que permitiera al usuario tener un sitio de descanso y recreación.
- Que el sitio no esté catalogado como zona de interés arqueológico.
- Que se cuente con infraestructura para la disponibilidad de servicios para la operación, como energía eléctrica, agua y vías de acceso.
- Que las condiciones del terreno permitan la construcción del proyecto sin afectar la primera duna costera.
- El terreno se encuentra en una vía en la que se permite la circulación de aforo vehicular, que ingresará a la zona del proyecto.
- La construcción y operación del proyecto contribuirá en la creación de nuevas fuentes de empleo, tanto temporal como permanente.
- Se encuentran proyectos similares a la periferia del proyecto deseado a realizar.
- La zona cuenta con mancha urbana ya previamente realizada.
- Se cumple con la normatividad y reglamentación aplicable al proyecto.
- Se cuenta con Licencia de Uso del Suelo emitida por el Ayuntamiento de Progreso. (ver ANEXOS)
- Se cuenta con la NO INCONVENIENCIA del Ayuntamiento de Progreso para altura máxima de la edificación del proyecto. (ver ANEXOS).
- Se cuenta con el ACUSE de ingreso de la Factibilidad Urbano Ambiental ante el Instituto de Movilidad y Desarrollo Urbano Territorial.

II.1.3 UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO Y PLANOS DE LOCALIZACIÓN.

II.1.4 INVERSIÓN REQUERIDA

La inversión total para el desarrollo del proyecto es de 49.8 millones de pesos la cual incluye el presupuesto destinado para las medidas preventivas, de mitigación y compensación de los impactos ambientales, que es aproximadamente de $120,000.00 (CIENTO VEINTE MIL PESOS 00/100 M.N.).

II.1.5 DIMENSIONES DEL PROYECTO

El predio del proyecto **VELAMAR ETAPA 1** está conformado por la unión de dos predios, el predio con tablaje 2792 cuenta con una superficie de 23,532.89 m^2.

El proyecto se ubica en el km 19 de la Carretera Progreso-Telchac Puerto (Yuc-027); en tablaje catastral 2792 de la localidad de Ixil, municipio de Ixil, Estado de Yucatán.

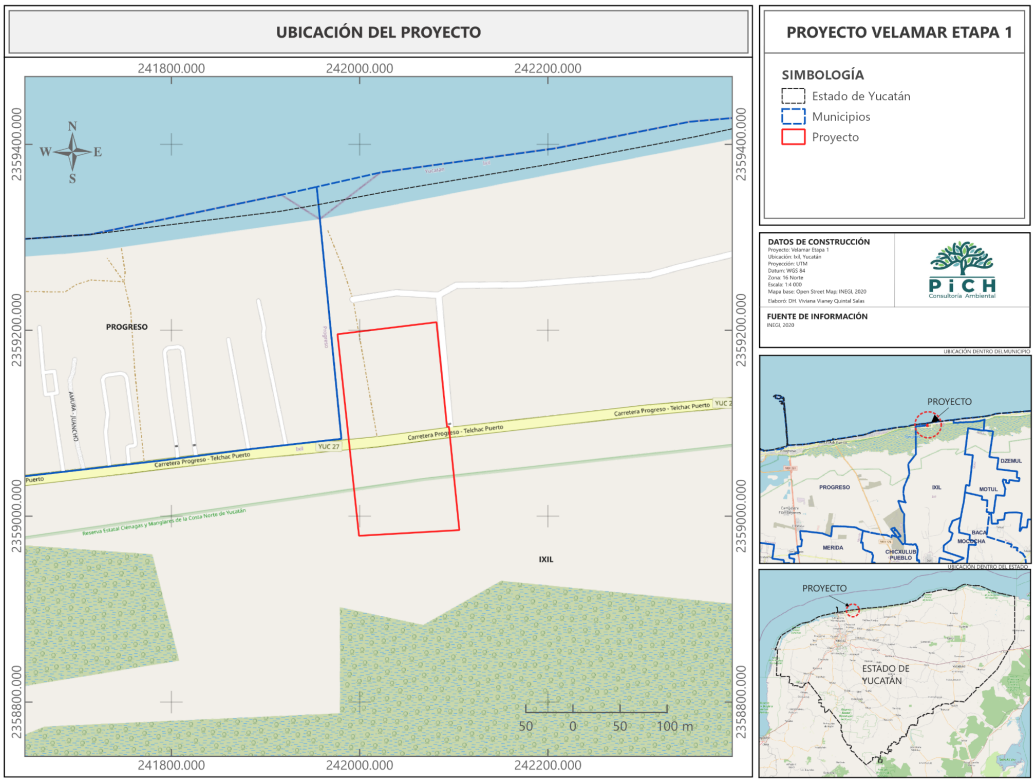

Figura II.4. Mapa de ubicación del predio donde se pretende ubicar el proyecto Velamar Etapa 1

El cuadro de construcción del predio a ocupar se presenta en la tabla siguiente:

Tabla II.2. Cuadro de construcción del predio

V	COORDENADAS	
	Y	X
1	2359195.78	241976.43
2	2,359,208.71	242,081.56
3	2,359,096.08	242,092.77
4	2,359,096.33	242,094.78
5	2,358,985.09	242,105.85
6	2,358,978.98	241,999.27
1	2,359,195.78	241,976.43
SUPERFICIE = 2-35-32.89 HA		

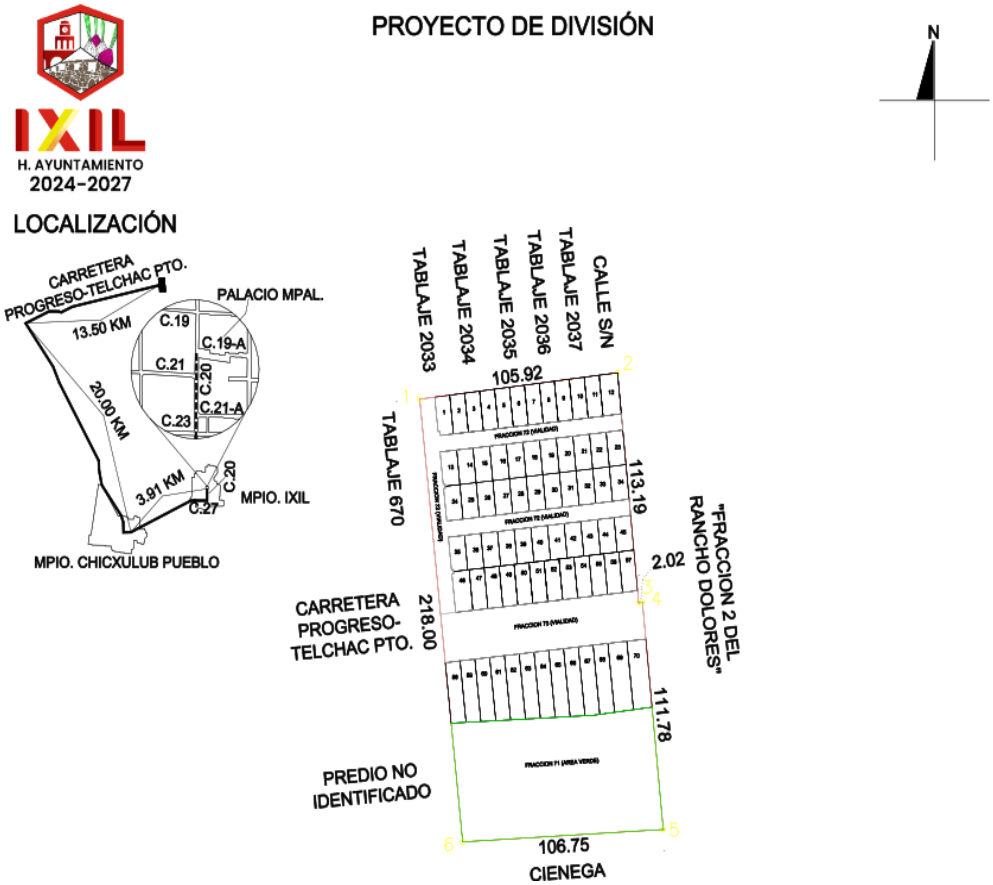

Figura II.5. Plano de división del proyecto emitido por el H. Ayuntamiento de Ixil.

II.1.6 USO ACTUAL DE SUELO Y/O CUERPOS DE AGUA EN EL SITIO DEL PROYECTO Y EN SUS COLINDANCIAS

La zona donde se plantea realizar el proyecto VELAMAR ETAPA 1 se emplea actualmente el uso del suelo para asentamientos humanos. No existen cuerpos de agua dentro de la zona.

Los predios que se encuentran en la zona están en condiciones similares al predio del proyecto, sin embargo, se presentan algunas casas y departamentos de verano que son ocupadas por particulares en las temporadas vacacionales preferentemente. Al sur del predio se colinda con la carretera vehicular Progreso - Telchac Puerto, al norte con playa arenosa y al Este y Oeste con predios que se encuentran en condiciones similares con una vegetación de matorral costero parcialmente fragmentado.

Para la realización del proyecto se requiere el cambio de uso de suelo de áreas forestales en las áreas que sean afectadas únicamente. La actividad antropogénica en las inmediaciones es muy evidente mostrando una fragmentación del terreno por actividades propias del campo.

De acuerdo con la información obtenida del mapa de INEGI, vegetación y uso del suelo serie VI, el polígono del predio se encuentra fuera del uso de suelo clasificado como vegetación secundaria arbustiva derivada de matorral de DUNA COSTERA (Véase figura 1). En las cercanías se encuentran asentamientos humanos y diversos desarrollos urbanos en proceso y pendientes por desarrollarse.

El área del proyecto está cubierta de vegetación de matorral de duna costera, con especies herbáceas, arbustivas y arbóreas mismas que se encuentran parcialmente fragmentado.

Los predios que se encuentran en la zona están en condiciones similares al predio del proyecto.

II.1.7 URBANIZACIÓN DEL ÁREA Y DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS REQUERIDOS

El área del proyecto se encuentra en el kilómetro 19 de la carretera 27 Progreso–Telchac, caracterizado por la ubicación de residencias veraniegas. En la zona no se cuentan con todos los servicios públicos, sin embargo, hay factibilidad de contar con los servicios básicos, presentes a continuación:

Infraestructura Vial (Terracerías y Pavimentos): El acceso hacia el Proyecto será mediante el camino existente, aproximadamente en el kilómetro 29.6 de la calle 27 Progreso - Telchac por lo que no se realizarán caminos de acceso.

Electrificación (Redes de baja, media tensión y alumbrado público): Los servicios de electricidad serán obtenidos a partir de la red establecida por la Comisión Federal de Electricidad en su punto más cercano y autorizado para el proyecto. Para el caso del sistema de alumbrado público en el bulevar principal y accesos a las viviendas, dado que es de dominio público se requerirá de estar correctamente iluminada (empleando luz cálida led) favoreciendo a los usuarios y evitando la contaminación lumínica por encontrarse cercana del área con vegetación. Se emplearán luminarias que cumplan con un nivel de iluminación mínima promedio de 6 luxes. Para esto se colocarán postes metálicos de hasta 1m de altura para las luminarias y éstos serán sobre una placa de metal anclada a un fuerte de concreto (dados de concreto) a base de pedestal prefabricada de concreto f´c 200kg/cm^2 con anclas en forma piramidal de 0.40x0.40 en la parte superior (corona) y 0.80x0.80 en la parte inferior (base) y 1.0m de alto con un saliente de 10 cm sobre el nivel de banqueta; por lo que la profundidad de excavación y enterrado será de 90 cm de acuerdo con los requerimientos de la Dirección de mantenimiento y alumbrado público del municipio de León. Por lo tanto, para esta infraestructura no se requerirá excavar más de 1.0 metros de profundidad en el caso de los postes de luminarias y para el paso del cableado eléctrico.

Instalación de red de Agua Potable: El proyecto no tiene contamplado la instalacion y ejecución de obras para dotación de agua potable, ya que no se cuenta con red municipal para este servicio.

Disposición y manejo de aguas residuales: El proyecto plantea la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales, que forman parte de este conjunto de obras asociadas de apoyo al proyecto y que cumplen con los requisitos de las Normas Oficiales Mexicanas en materia de aguas residuales NOM-001-SEMARNAT-2021. Estas plantas son denominadas del tipo SITAR DLD-14 (ver PLANOS ANEXOS), en cuyo sistema se instalará un sistema terciario de cloración para mejorar las condiciones de la descarga hacia el acuífero. Este sistema está aprobado y autorizado por la SEMARNAT y la SDS.

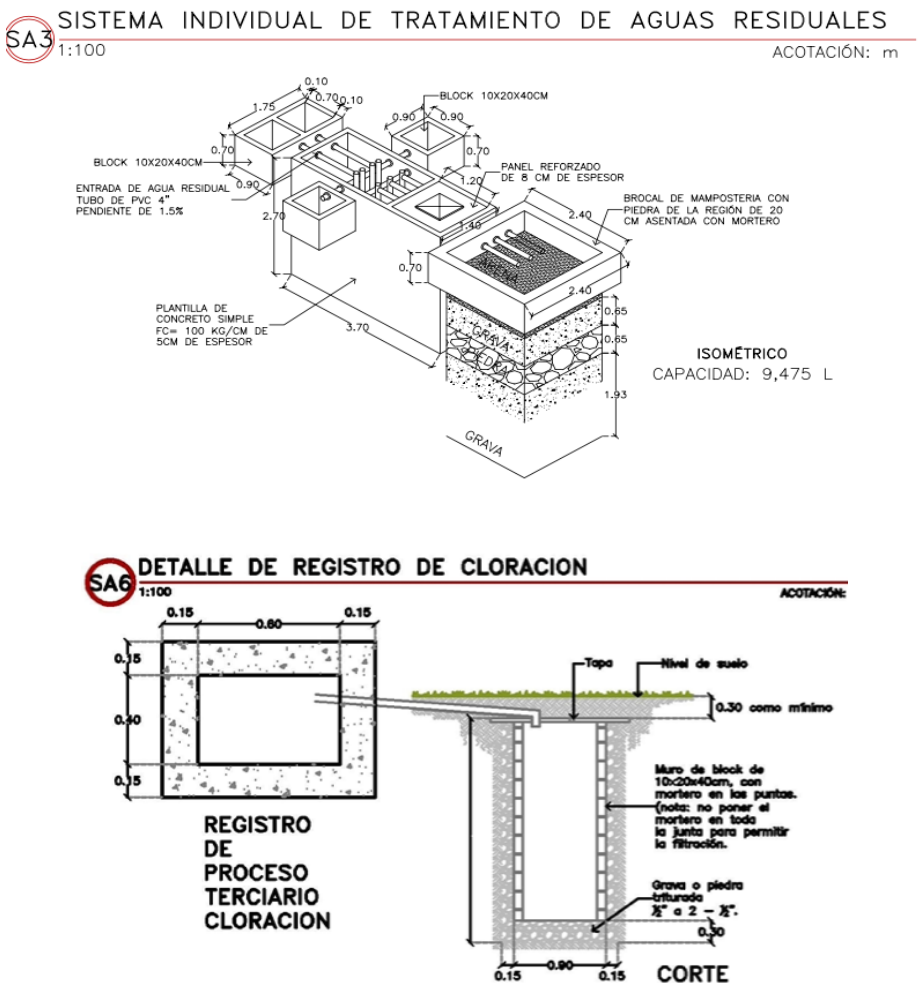

Figura II.6. Sistema Individual de tratamiento de aguas residuales tipo SITAR DLD-14 y el detalle de sistema terciario de cloración.

La infraestructura que se instalarán para el manejo de aguas residuales deberá contar la entrada y la salida del sistema de tratamiento de aguas residuales y estos deberán ser tubos en "T" con diámetro mínimo de 100 milímetros (4 pulgadas) ubicados de manera simétrica en las paredes y de tal forma que garanticen un recorrido máximo del agua dentro de la fosa y que la entrada o salida del agua se haga permitiendo la menor alteración en el interior. La entrada deberá estar al menos 0.10 metros o un diámetro del tubo influente por encima del nivel de agua o del nivel de la salida.

El sistema de tratamiento de la SITAR DLD-14 podrá ser de una o dos cámaras, en caso de estar dividida, el volumen de la primera cámara será de medio a dos tercios del volumen total. El paso entre una cámara y otra será a través de mínimo tres perforaciones de 4 pulgadas de diámetro, en la pared divisoria, ubicadas a una distancia de 0.50 metros del borde superior de la fosa y con un diámetro no menor de 0.10 metros. El ancho mínimo libre de la fosa no podrá ser menor de 0.80 metros. La distancia mínima entre el fondo del pozo de absorción y el nivel freático es de 3m.

La ubicación de la SITAR DLD-14 deberá estar perfectamente identificada y de fácil acceso para su limpieza y mantenimiento; La disposición de los efluentes de fosas sépticas deberá ser a sistemas de infiltración subsuperficial preferentemente (zanjas) o de absorción (pozos o campos), ubicados dentro del predio en áreas sin construcción cerrada o habitable; En caso del empleo de pozos de absorción el diámetro mínimo será de 0.90 metros y de una profundidad tal que quede cuando menos 4.00 metros; El ciclo de limpieza de la fosa séptica deberá de ser entre dos y cinco años.

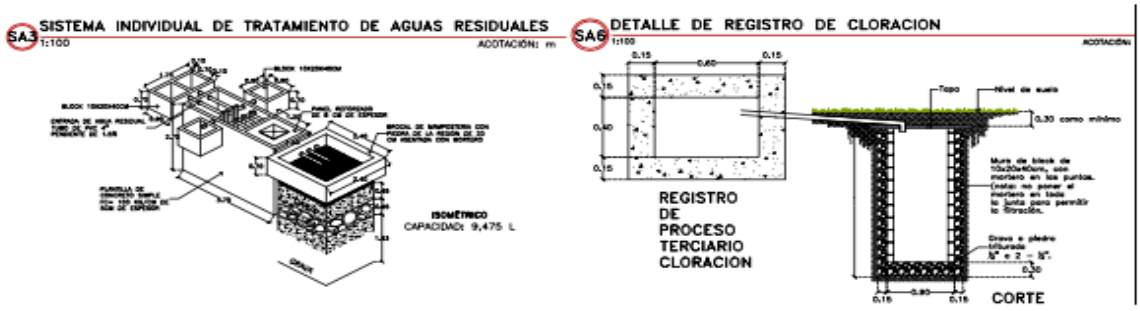

Figura II.7. Diseño del sistema de tratamiento SITAR DLD14

La ubicación de los sistemas de tratamiento se presenta en el siguiente cuadro, así como en el plano donde se encuentra el diseño y distribución de los componentes del proyecto:

Tabla II.3. Coordenadas de ubicación de los sistemas de tratamiento SITAR DLD14

LOTE	X	Y	LOTE	X	Y
1	241,992.48	2,359,179.24	36	242,007.24	2,359,129.12
2	242,000.44	2,359,180.07	37	242,016.09	2,359,130.08
3	242,008.39	2,359,180.95	38	242,024.96	2,359,131.04
4	242,016.35	2,359,181.81	39	242,033.80	2,359,132.02
5	242,024.30	2,359,182.69	40	242,042.65	2,359,132.99

LOTE	X	Y	LOTE	X	Y
6	242,032.25	2,359,183.56	41	242,051.50	2,359,133.97
7	242,040.20	2,359,184.44	42	242,060.34	2,359,134.94
8	242,048.15	2,359,185.31	43	242,069.19	2,359,135.91
9	242,056.11	2,359,186.19	44	242,078.04	2,359,136.89
10	242,064.06	2,359,187.07	45	242,086.96	2,359,137.97
11	242,072.01	2,359,187.95	46	242,002.83	2,359,092.86
12	242,081.68	2,359,189.13	47	242,010.78	2,359,093.72
13	241,993.49	2,359,169.89	48	242,018.74	2,359,094.57
14	242,002.13	2,359,170.82	49	242,026.69	2,359,095.44
15	242,010.98	2,359,171.77	50	242,034.64	2,359,096.31
16	242,019.83	2,359,172.73	51	242,042.60	2,359,097.19
17	242,028.68	2,359,173.71	52	242,050.55	2,359,098.07
18	242,037.53	2,359,174.68	53	242,058.50	2,359,098.94
19	242,046.37	2,359,175.66	54	242,066.45	2,359,099.82
20	242,055.22	2,359,176.63	55	242,074.41	2,359,100.69
21	242,064.07	2,359,177.60	56	242,082.36	2,359,101.58
22	242,072.91	2,359,178.58	57	242,090.30	2,359,102.55
23	242,081.75	2,359,179.65	58	241,996.22	2,359,066.72
24	241,997.59	2,359,137.56	59	242,004.08	2,359,067.56
25	242,006.23	2,359,138.49	60	242,011.93	2,359,068.41
26	242,015.08	2,359,139.44	61	242,019.78	2,359,069.26
27	242,023.93	2,359,140.41	62	242,027.64	2,359,070.11
28	242,032.78	2,359,141.38	63	242,035.49	2,359,070.97
29	242,041.62	2,359,142.35	64	242,043.34	2,359,071.83
30	242,050.47	2,359,143.33	65	242,051.20	2,359,072.69
31	242,059.32	2,359,144.30	66	242,059.05	2,359,073.55
32	242,068.16	2,359,145.28	67	242,066.90	2,359,074.41
33	242,077.01	2,359,146.26	68	242,074.76	2,359,075.27
34	242,085.85	2,359,147.34	69	242,084.83	2,359,076.35
35	241,998.60	2,359,128.19	70	242,094.92	2,359,077.38

Se considerará el número de personas por departamento para calcular las dimensiones y el volumen de los sistemas de tratamiento; sin embargo, en el Reglamento de Construcciones, no se establece un número mínimo de personas servidas como base para considerar dimensiones mínimas.

Tabla II.4. Dimensiones del sistema de tratamiento de acuerdo con el número de usuarios.

No. usuarios	Sedimentador			Decantador			Pozo
	Largo (m)	Ancho (m)	Hondo (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Hondo (m)	Hondo (m)
4	1.6	1	0.9	0.5	0.6	0.7	*
5	1.7	1.1	1	0.7	0.6	0.7	*
6	1.8	1.2	1.1	0.6	0.7	0.6	*
7	1.9	1.2	1.1	0.7	0.7	0.7	*
8	2	1.25	1.2	0.7	0.7	0.8	*
9	2.1	1.3	1.25	0.8	0.7	0.9	*
10	2.2	1.4	1.3	0.9	0.9	0.9	*

* La profundidad la determinará el mismo suelo, es hasta donde empiece a brotar el agua.

Adicionalmente, es importante resaltar que en este proyecto no se realizarán actividades consideradas riesgosas, ni se generarán residuos peligrosos diferentes a los generados por viviendas unifamiliares.

En la etapa de construcción, se requiere contar con materiales de construcción, maquinaria, herramientas, personal e insumos como combustible, agua, personal y víveres. Todo ello estará a cargo de la empresa responsable de la obra, la cual, dada su giro comercial, deberá estar preparada para solventarlos, sin generar problema alguno en las localidades vecinas.

La energía eléctrica será abastecida por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), previo convenio, para el inicio de la construcción de ser necesario se contará con una planta generadora de manera temporal, en tanto se contrata el servicio. El agua requerida para la construcción, se proveerá transportada mediante pipas a partir del sistema operado por el Ayuntamiento de Progreso.

II.2. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

El proyecto contempla la división en 70 lotes de un predio de 2.35 ha; así como su urbanización mediante la apertura de calles y vialidades internas. Cuenta con un área de conservación de 6,246.17 m² correspondientes al Área Natural Protegida Estatal Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán.

Las superficies del proyecto se presentan en la siguiente tabla:

Tabla II.5. Cuadro de superficies del proyecto Velamar Etapa 1.

Áreas	Superficies	%
Uso habitacional	12,318.05	52.34
Vialidades existentes	1,274.36	5.42
Vialidades futuras	2,419.56	10.28
Derecho de vía	1,274.76	5.42
Área de conservación	6,246.16	26.54
Superficie total del predio	23,532.89	100.00

II.2.1 PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO

El programa de trabajo iniciará en tanto se obtengan las autorizaciones en Materia de Impacto Ambiental y Forestal a través de la dictaminación de la presente MIA modalidad Particular por la SEMARNAT. Los trabajos de preparación del terreno serán ejecutados de acuerdo con las etapas que se desarrollen en el plan maestro; así como las recomendaciones que las autoridades competentes involucradas en el proyecto designen.

Se estima que el desarrollo de las etapas de preparación del sitio y de construcción se realizará en un total de 3 años. En la siguiente tabla se presenta el programa general calendarizado de las actividades del proyecto con motivo del cambio de uso de suelo, en el que se contemplan los años necesarios para el desarrollo del proyecto.

Actualmente se han realizado los estudios de campo correspondientes, y se han iniciado los trámites administrativos, en los que se incluye el motivo de este documento para obtener la autorización en materia ambiental.

No se prevé la ejecución de obras provisionales mayores, considerando únicamente la habilitación de un sitio de resguardo de materiales y

herramientas a cargo de un vigilante, construido a base de madera y láminas de cartón, además de la instalación de 5 baños portátiles ecológicos para el servicio de todo el personal que laborara en la obra

No está previsto el almacenamiento de combustibles ni la reparación de vehículos en el predio, ya que serán dotados por proveedores externos, ni el uso de explosivos o materiales riesgosos,

No se considera una etapa de abandono, pues es intención que duren las estructuras del Proyecto por un largo tiempo, que reciban mantenimiento periódico y se preserven como integrantes permanentes del paisaje local, prestando servicio a sus habitantes.

Tabla II.6. Programa General de Trabajo.

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12...
Preparación del sitio												
Delimitación y señalización												
Trazo topográfico												
Desmonte y despalme												
Limpieza del terreno												
Lotificación y urbanización												
Movimiento de tierras												
Cortes y rellenos												
Nivelación y compactación												
Trazo de manzanas y lotes												
Terracerías												
Subrasante, subbase y base												
Pavimentación												
Obras de drenaje pluvial												
Señalamiento vial												
Limpieza y cierre de obra												
Retiro de instalaciones temporales												
Disposición de residuos												
Limpieza final												
Operación y mantenimiento												

II.2.2 PREPARACIÓN DEL SITIO.

Contratación de mano de obra: El promovente realizará la contratación del personal que laborará en las diferentes actividades del proyecto el cual será de localidades aledañas con el fin de crear empleos temporales y derrama económica. Se contempla el uso de 6 personas para está acción.

La primera actividad que será realizada en el sitio consiste en la delimitación y señalización de las áreas de construcción y de afectación temporal y permanente, esto será realizado con cintas y balizas de madera.

Remoción de vegetación (limpieza de terreno, desmontes y despalmes)

- Se realizará el retiro de la vegetación que consiste en manchones de arbustos que se encuentren directamente en el área de construcción.
- Se delimitarán las áreas de conservación para evitar afectaciones indirectas por las actividades de construcción, que será de 6,246.12 m², equivalentes al 26.54 % del área total del predio y que corresponden a la Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán.
- El proyecto sujeto a evaluación de impacto ambiental considera la apertura de vialidades en una superficie de 2,419.56 m², que es la superficie en la que se retirará vegetación.
- Las técnicas para emplear para la realización de los trabajos serán las comúnmente utilizadas, se realizará de manera manual, acomodándose en montículos en diferentes áreas del predio según el avance del proyecto. El tipo de material por remover será hierbas y arbustos, los cuales serán retirados del predio y trasladados al sitio de disposición final que establezca el Ayuntamiento Municipal.

Las actividades de la etapa de preparación del sitio se describen a continuación.

Delimitación y señalización

Consiste en identificar físicamente los límites del predio y de las áreas autorizadas para las obras mediante estacas, mojoneras, cintas, malla o señalización temporal. Su objetivo es evitar afectaciones fuera del área de trabajo y brindar seguridad durante la ejecución de las actividades.

Trazo topográfico

Consiste en trasladar al terreno las coordenadas y dimensiones establecidas en los planos del proyecto. Mediante equipo topográfico se ubican ejes de vialidades, manzanas, lotes, áreas verdes y demás elementos urbanísticos.

Desmonte y despalme

El desmonte comprende el retiro de la vegetación existente dentro de las áreas autorizadas para las obras. El despalme consiste en remover la capa superficial del suelo que contiene materia orgánica y raíces, con el fin de preparar el terreno para las actividades de construcción.

Limpieza del terreno

Incluye el retiro de residuos vegetales, escombros, basura, piedras y cualquier material que interfiera con las obras de urbanización.

Para mitigar los posibles impactos en el ecosistema, se tienen contempladas varias acciones previas al inicio del proyecto, así como durante el proceso de preparación del proyecto, estas consisten básicamente en una acción responsable en el cuidado del mantenimiento de la maquinaria para evitar la generación de residuos peligrosos, así como el exceso de ruido que generan los equipos. Por otro lado, la capacitación al personal de trabajo de campo, por medio de una supervisión ambiental. De igual forma se tendrán los sistemas sanitarios portátiles para todo el personal en todas las etapas, así como un control del manejo de los residuos sólidos.

II.2.3 DESCRIPCIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES PROVISIONALES DEL PROYECTO.

Durante todo el proceso de construcción del proyecto, se instalarán 3 baños portátiles ecológicos para el servicio de los trabajadores, aproximadamente para 40 trabajadores entre supervisores, chalanes y técnicos, para lo cual se contratará a una empresa autorizada para su mantenimiento permanente durante la etapa de construcción. Será sumamente importante, se instruya a los trabajadores y se vigile que no se realicen las necesidades fisiológicas al aire libre, dentro o fuera del área del proyecto. Y la disposición final generada de los residuos sanitarios será responsabilidad de la empresa solicitada.

Se forjará un pequeño almacén de materiales de construcción y herramientas, además del resguardo de los trabajadores en los tiempos de descanso y alimentación. Será construido a base de madera y láminas de cartón y estará a cargo de un vigilante. Una vez finalizada la construcción, será desmontada,

dejando limpio el terreno y el material será llevado a otro sitio para su posterior reutilización.

Almacén de Residuos sólidos urbanos: Los residuos generales, resultantes de los alimentos de los trabajadores (orgánicos e inorgánicos) se almacenarán temporalmente dentro de contenedores etiquetados, con tapa hermética y debidamente señalizados en el área delimitada de 25 m^2 (5m x 5m) en una zona segura dentro del predio donde no haya riesgo de contaminación al ambiente.

Almacén de Residuos de Manejo especial: Se destinará una zona especial en donde se podrán colocar temporalmente los restos de material constructivo y de maquinarias y equipos (alambre, madera, plásticos, PET, aluminios, concreto, hierro, PVC, escombro, unicel, pilas, acumuladores, entre otros) que serán retirados con la finalidad de darles una disposición final adecuada, esta zona estará debidamente señalada de acuerdo con el tipo de material que esté disponiendo, delimitándose con malla de poliuretano. Para este fin se usarán tambores grandes con tapa y mega bolsas, todo debidamente etiquetado, en una zona segura dentro del predio donde no haya riesgo de contaminación al ambiente.

I.2.4 Etapa de construcción.

En la etapa de construcción, se requiere contar con materiales de construcción, maquinaria (excavadora, telefit, bobcat, grúa y pipas de agua), herramientas, personal e insumos como combustible, agua, personal y víveres. Todo ello estará a cargo de la empresa responsable de la obra, la cual, dada su giro comercial, deberá estar preparada para solventarlos, sin generar problema alguno en las localidades vecinas.

Durante la etapa de construcción, se contará con baños portátiles para los trabajadores. También se contará con tambores de basura, para la recolección y separación de residuos sólidos urbanos y de residuos especiales. Se brindará al personal todo el equipamiento necesario para proteger su integridad: cascos, botas y chalecos.

La energía eléctrica será abastecida por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), previo convenio, para el inicio de la construcción de ser necesario se contará con una planta generadora de manera temporal, en tanto se contrata el

servicio. El agua requerida para la construcción se proveerá transportada mediante pipas a partir del sistema operado por el Ayuntamiento de Ixil.

Lotificación y urbanización

Las actividades de la fase de lotificación y urbanización se describen a continuación:

- Movimiento de tierras. Conjunto de actividades destinadas a modificar la topografía natural del terreno para adecuarla al proyecto ejecutivo, logrando las elevaciones y pendientes requeridas.
- Cortes y rellenos. Los cortes consisten en excavar material en zonas elevadas para reducir los niveles del terreno. Los rellenos consisten en colocar material en zonas bajas para alcanzar las cotas de diseño y conformar plataformas estables.
- Nivelación y compactación. La nivelación busca obtener las pendientes y elevaciones establecidas en el proyecto. Posteriormente el suelo es compactado mediante maquinaria especializada para incrementar su capacidad de carga y estabilidad.
- Trazo de manzanas y lotes. Consiste en la delimitación física de los lotes, manzanas, áreas de cesión y vialidades mediante estacas, marcas o mojoneras, de acuerdo con el plano de lotificación autorizado.

Producto de las actividades de excavación, se tendrán montículos de escombro y piedras, que serán dispuestos en las áreas inmediatas de su ubicación, teniendo preferencia por la ocupación de áreas destinadas a otros componentes de construcción.

Construcción de vialidades

Para la etapa de construcción de vialidades, se realizarán las actividades que se describen a continuación.

- Terracerías. Comprende la conformación inicial de la estructura vial mediante cortes, rellenos, nivelación y compactación del terreno donde se construirán las calles.
- Subrasante, subbase y base
    - Subrasante. Es la superficie compactada que sirve de soporte para toda la estructura del pavimento.

- Subbase. Capa de material granular colocada sobre la subrasante para distribuir las cargas del tránsito y mejorar el drenaje.
- Base hidráulica. Capa estructural de material pétreo triturado y compactado que proporciona resistencia al pavimento.

Obras de drenaje pluvial

Consiste en la construcción de infraestructura destinada a captar, conducir, infiltrar o desalojar el agua de lluvia para evitar inundaciones y daños a las vialidades. Puede incluir:

- Pozos de absorción.
- Rejillas pluviales.
- Cunetas.
- Alcantarillas.
- Cajas colectoras.
- Canales de desvío.

Señalamiento vial

Comprende la instalación de elementos de control y seguridad vial, tales como:

- Señalización horizontal (líneas, flechas, pasos peatonales).
- Señalización vertical (señales preventivas, restrictivas e informativas).
- Nomenclatura de calles.

Limpieza y cierre de obra:

Las actividades de limpieza y cierre de obra consisten en:

- Retiro de instalaciones temporales. Consiste en desmontar y retirar oficinas provisionales, almacenes, sanitarios portátiles, cercas temporales y demás infraestructura utilizada durante la construcción.
- Disposición de residuos. Incluye la recolección, clasificación, transporte y disposición final de residuos sólidos urbanos, residuos de construcción y residuos de manejo especial generados durante las obras.

- Limpieza final. Comprende el acondicionamiento final del área urbanizada mediante la eliminación de materiales sobrantes, residuos, escombros y cualquier elemento ajeno al proyecto.

Sistema de tratamiento de aguas residuales:

- Para el tratamiento de las aguas residuales que sean generadas por las actividades domésticas, se instalará un sistema de tratamiento de aguas residuales con un compartimiento de cloración terciaria de tipo SITAR DLD-14, como se mencionó anteriormente.

Electrificación:

- La red de la instalación eléctrica, consistirá en la ubicación y cableado de las salidas de energía y alumbrado de todas las áreas del Proyecto.

Limpieza final:

- La limpieza final es el proceso en el que se recolecta la basura generada en el proceso, así como también se lavan las nuevas instalaciones con el fin de entregar la obra de la manera más limpia posible. Se retirarán las obras instaladas de manera provisional.

Arreglo paisajístico:

- Una vez finalizada la construcción, se procederá a la reforestación y restauración de las áreas verdes del predio que hayan sido afectadas de manera indirecta por el proyecto, esto se realizará con especies propias de la duna costera y del paisaje costero del estado.

Los materiales de construcción serán adquiridos de proveedores establecidos y autorizados por las entidades correspondientes. La empresa constructora se abstendrá de abrir nuevos bancos de material

II.2.5 ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

La etapa de operación comenzará con la venta de los lotes y consistirá en el uso de las vialidades una vez concluidas la obras y obtenidas las autorizaciones correspondientes. El mantenimiento consiste en las actividades necesarias para conservar la infraestructura. A continuación se presenta la descripción detallada de cada una de estas etapas y actividades.

Operación y mantenimiento

Operación

Corresponde a la venta de lotes y al uso normal de las vialidades y lotes urbanizados una vez concluidas las obras y obtenidas las autorizaciones correspondientes.

Mantenimiento

Incluye las actividades necesarias para conservar la funcionalidad y seguridad de la infraestructura urbana, tales como:

- Reparación de baches o deterioros del pavimento.
- Conservación de señalamiento vial.
- Limpieza de drenajes pluviales.
- Control de vegetación en áreas comunes.
- Mantenimiento de áreas verdes.
- Reparación de guarniciones y banquetas.

No existe un programa como tal, sin embargo, como toda casa habitación o vivienda unifamiliar, la operación del proyecto se centra en las actividades cotidianas que desarrollarán sus habitantes, como es la preparación de alimentos, el uso de sanitarios, pernocta, generación de residuos y ruido, y desarrollo de actividades de recreativas y de esparcimiento.

Las líneas de abastecimiento y distribución de energía eléctrica estarán a cargo de la Comisión Federal de Electricidad.

Se contará con un sitio específico para el almacenamiento temporal de los residuos sólidos domésticos, los cuales serán transportados por una empresa autorizada hasta el sitio de disposición final que determine el Ayuntamiento.

La vigilancia del cumplimiento de las medidas de mitigación y de las condicionantes dictadas en materia de impacto ambiental le corresponde a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y a las autoridades sectoriales correspondientes.

Considerando las condiciones de humedad del sitio donde se ubica el proyecto, es conveniente llevar a cabo labores de mantenimiento y en su caso

reparaciones, cuya periodicidad dependerá de la calidad de los materiales empleados en la construcción, la intensidad de uso y el interés de sus habitantes por evitar el deterioro. Sin embargo, no es conveniente establecer de antemano un programa de mantenimiento, pues como se menciona rigen variables no susceptibles a dimensionar en este momento.

En el caso de la planta de tratamiento de aguas residuales se utilizarán 70 plantas de tratamiento SITAR DLD-14 (una por cada lote), se le deberá dar el mantenimiento con la periodicidad que se especifica esto con el objetivo de cumplir con las normas establecidas, el cual será realizado por el condominio.

II.2.6 DESCRIPCIÓN DE OBRAS ASOCIADAS AL PROYECTO.

El proyecto no contempla la implementación de obras asociadas con el mismo.

II.2.7 ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO.

No se contempla el abandono del Proyecto, por lo que con mantenimiento y cuidados tendrá una duración indefinida.

II.2.8 UTILIZACIÓN DE EXPLOSIVOS.

No se requerirá el uso de explosivos.

II.2.9 GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y EMISIONES A LA ATMÓSFERA.

Para cada etapa del proyecto, se describen los tipos de residuos a generar acompañado de sus características generales, formas de manejo y/o lugar de disposición, así como de la infraestructura y formas de recolección, manejo y disposición final esperada. Asimismo, se señala la disponibilidad de servicios e infraestructura en la localidad y/o en la región para su manejo y disposición adecuada.

ORGÁNICOS (este tipo de residuos se espera sea generado en las etapas de preparación del sitio, operación y mantenimiento). Se generarán residuos orgánicos de la remoción de la vegetación.

Asimismo, se producirán desperdicios o restos de alimentos no consumidos por los trabajadores de la obra. La cantidad variará dependiendo de la tasa de consumo por día de cada trabajador. En términos generales, los residuos orgánicos que se generen por la implementación de la obra, no conferirán problemas ambientales o de salud pública en caso de que sean abandonados, básicamente por la cantidad generada. Las características del medio circundante incidirán directamente en la velocidad de descomposición y reintegración de sus componentes. Lo anterior dependerá directamente de la cantidad de este tipo de residuo que sea generado.

INORGÁNICOS (Este tipo de residuo se espera sea generado en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del Proyecto en cuestión). Dichos residuos estarán integrados por materiales sintéticos y serán generados en su totalidad por parte de los trabajadores empleados en la obra y posteriormente en su operación y mantenimiento. Los más comunes serán empaques, bolsas, botellas, envases, plásticos, tapas, etiquetas y metales. Estos materiales deberán ser colocados en contenedores asignados especialmente para alojar este tipo de desechos, los cuales deberán ser trasladados en su totalidad al sitio que autorice la autoridad local y/o municipal.

Durante la etapa de uso (operación) del Proyecto, serán generados continuamente residuos inorgánicos. Desde su origen serán separados en bolsas y recipientes y deberán ser trasladados por el personal contratado por el promovente.

SANITARIOS. (Este tipo de residuos se espera sea generado en las etapas de preparación de sitio, construcción, operación y mantenimiento). Durante las primeras etapas del proyecto, el promovente deberá de dotar de un sistema sanitario portátil para que sea utilizado por los trabajadores. Los desechos humanos que sean captados deberán ser desalojados conforme a los procedimientos operativos del proveedor del servicio. En la etapa de operación, las aguas residuales serán tratadas en el sistema instalado en el Proyecto..

RESIDUOS PELIGROSOS (este tipo de residuos podrían ser generados en las etapas de preparación de sitio, construcción, operación y mantenimiento del Proyecto). Debido a que se solicitará al constructor que sus unidades hayan recibido mantenimiento previo a su incorporación al proyecto, no se espera la generación de residuos que guarden características de peligrosidad al medio ambiente en sus dos primeras etapas. Sin embargo, en el caso de producirse este

tipo de residuos se procederá conforme a los lineamientos establecidos en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su reglamento (R-LGPGIR).

En este caso los residuos susceptibles de generación serán: trapos, papeles o cartones manchados con hidrocarburos, combustibles o solventes y pinturas, tierra o suelo contaminado por algún derrame accidental de hidrocarburos, combustibles o solventes, aceite lubricante, combustible contaminando, baterías fuera de uso, botes de pintura o brochas manchadas con solventes o pinturas.

EMISIONES (este tipo de residuos se espera sea generado en las etapas de preparación de sitio y construcción). La maquinaria y los vehículos de motor que operarán en esta etapa generarán emisiones a la atmósfera producto de la combustión de sus motores, sin embargo, gracias a las corrientes de aire de la zona, dichos contaminantes se dispersarán rápidamente en la atmósfera.

Otra manifestación de emisiones a la atmósfera será aquella generada durante el traslado de material agregado al área del proyecto desde el punto de venta (bancos de material o centro comercial) para el desarrollo de las edificaciones y los acabados. Lo anterior podrá controlarse con el uso de lonas sobre la carga de los camiones de volteo o bien humedeciendo de manera uniforme las capas superficiales antes de realizar el traslado.

El volumen, tipo y características de los residuos que sean generados en cada una de las etapas de obra dependerá en gran medida del número de trabajadores que se contraten para su desarrollo.

II.2.10 INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO Y LA DISPOSICIÓN ADECUADA DE LOS RESIDUOS.

RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: (este tipo de residuos se espera sea generado en las etapas de operación preferentemente). Todos los residuos domésticos (orgánicos e inorgánicos) que se generen, se dispondrán en sus bolsas de plástico como en recipientes con tapa. Tendrán desde el inicio de la obra hasta el final, su lugar de acopio provisional, en un extremo de la bodega temporal, para ser trasladados al sitio autorizado por la Localidad o el municipio. En su etapa inicial, la contratista será responsable del manejo de residuos hasta su destino final. En

su etapa operativa el promovente, será el responsable del manejo de la basura en las infraestructuras.

RESIDUOS PELIGROSOS: (este tipo de residuos se espera sea generado en las etapas de operación y mantenimiento preferentemente). Si bien no se tiene considerado la generación de residuos peligrosos, se tendrá especial cuidado en la limpieza del suelo en caso de pequeños derrames durante las actividades de traslado de materiales por vehículos automotores en la etapa de preparación de sitio y construcción. En estos casos, las unidades automotrices deberán parar de forma inmediata hasta que la fuente sea reparada y la remediación de la zona afectada sea efectuada. En el caso de los mantenimientos la empresa que brinde el servicio de mantenimiento a motores, maquinarias y equipos será la responsable del manejo. En el caso de mantenimiento severo a equipos y maquinaria serán los proveedores los responsables del manejo de los residuos peligrosos que pudieran generar.

SANITARIOS: (este tipo de residuos se espera sea generado en las etapas de operación preferentemente). Para lograr un adecuado manejo de las aguas residuales generadas durante las etapas iniciales del proyecto, se contará con el servicio de sanitarios portátiles cuyo uso será de manera obligatoria para todos los trabajadores que laboren en el proyecto. El manejo y disposición final de estas aguas residuales será responsabilidad de la empresa que preste el servicio.

Como se mencionó en puntos anteriores, la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales generadas durante la operación del proyecto, consistirá en un sistema de tratamiento de aguas residuales por medio plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo SITAR-DLD 14 que cumple con la 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. (D.O.F. 11/03/2022), el cual cuenta con un sistema terciario de cloración.

III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DEL USO DE SUELO 3
III.1 INTRODUCCIÓN 3
III.2 ANTECEDENTES 4
III.3 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN 4
III.1.1 Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 5
III.1.2 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025-2030 (PROMARNAT) 5
III.2.3 Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 7
III.2.3 bis Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Yucatán 8
III.2.4 Plan Estatal de Desarrollo "Renacimiento Maya" 2024-2030 8
III.2.5 Ley de Desarrollos Inmobiliarios del Estado de Yucatán 10
III.2.6 Reglamento de la Ley de Desarrollos Inmobiliarios del Estado de Yucatán 11
III.3.1.1 Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY 2023) 11
III.3.1.2 Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY) 15
III.3.1.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMyMC) 23
III.3.1.4 Regiones Terrestres Prioritarias de México (RTP) — RTP-146 Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam 27
III.3.1.5 Regiones Marinas Prioritarias de México (RMP) — RMP-61 Sisal-Dzilam .. 30
III.3.1.6 Regiones Hidrológicas Prioritarias de México (RHP) — RHP-102 Anillo de Cenotes 33
III.3.1.7 Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional (RAMSAR) — Sitio No. 2468 35
III.3.1.8 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) — SE-49 38
III.3 Decretos y Programas de Áreas Naturales Protegidas 41
III.4 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS NORMATIVOS APLICABLES 43
III.4.1 Leyes y Reglamentos 43

III.4.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) 43
III.4.1.2 Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental 43
III.4.1.3 Reglamento de la LGEEPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera 44
III.4.1.4 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 44
III.4.1.5 Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento 44
III.4.1.6 Ley General de Vida Silvestre 45
III.4.1.7 Ley de Protección al Medio Ambiente del Estado de Yucatán y su Reglamento 45
III.4.2 Normas Oficiales Mexicanas 45
III.4.2.1 En Materia de Residuos Peligrosos 45
III.4.2.2 En Materia de Aguas Residuales 46
III.4.2.3 En Materia de Emisiones a la Atmósfera 46
III.4.2.4 En Materia de Ruido 46
III.4.2.5 En Materia de Recursos Naturales 47

III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DEL USO DE SUELO

III.1 INTRODUCCIÓN

En virtud de lo establecido en el Artículo 35 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y el Artículo 12 de su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental, el proyecto debe ser vinculado con los Programas de Ordenamiento Territorial y de Desarrollo Urbano, declaratorias de áreas naturales protegidas, así como las Leyes y Normas aplicables de competencia federal, estatal y municipal, que permitan situar las bases para demostrar la viabilidad legal y ambiental de la propuesta.

De esta manera, se prevé que, a través del procedimiento de impacto ambiental, se establezcan las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades del proyecto que puedan causar efectos adversos al entorno o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente, preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente.

Este capítulo muestra los resultados de la revisión de los ordenamientos jurídicos vigentes con referencia al proyecto de lotificación denominado VELAMAR, con una superficie total de 23,532.89 m², que comprende 2,419.56 m² de vialidades, 6,246.16 m² de área de conservación, uso habitacional 12,318.05 (LOTES), vialidades existentes 1,274.36 y derecho de vía 1,274.76 y su relación con los aspectos ambientales durante la preparación del sitio, construcción y operación del mismo.

LOTES 70	SUPERFICIES	
SUPERFICIE TOTAL DEL PREDIO	23,532.89 m²	100 %
USO HABITACIONAL	12,318.05 m²	52.34 %
VIALIDADES EXISTENTES	1274.36 m²	5.42 %
VIALIDADES FUTURAS	2419.56 m²	10.28 %
DERECHO DE VIA	1,274.76 m²	5.42 %
AREA DE CONSERVACIÓN	6,246.16 m²	26.54 %

III.2 ANTECEDENTES

El predio donde se pretende desarrollar el proyecto cuenta con infraestructura existente consistente en muros perimetrales. El proyecto VELAMAR consiste en la lotificación de un predio con una superficie total de 23,532.89 m², que comprende 2,419.56 m² de vialidades, 6,246.16 m² de área de conservación, uso habitacional 12,318.05 (LOTES), vialidades existentes 1,274.36 y derecho de vía 1,274.76. No se contempla en esta etapa la construcción de casas habitación; únicamente se realizará la infraestructura vial y de servicios para la posterior venta de lotes.

III.3 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN

Se revisaron los documentos relativos a las Leyes, Reglamentos Estatales y Federales, Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental, así como los programas sectoriales, planes de desarrollo y demás instrumentos de política ambiental en el ámbito nacional y estatal que son aplicables, considerando la zona donde se pretende desarrollar el proyecto y la naturaleza del mismo.

Lo anterior en virtud de lo establecido en el Artículo 35 de la LGEEPA y el Artículo 12 de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, así como lo establecido en el Artículo 121 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, donde se establece que el proyecto debe vincularse con las diferentes disposiciones jurídicas ambientales.

III.1.1 Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece en su artículo 26 la planeación del desarrollo nacional como el eje que articula las políticas públicas del Gobierno de la República. El Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 define el rumbo estratégico de la nación para el período del actual gobierno, con un enfoque en el "segundo piso de la transformación", priorizando el bienestar social, la soberanía nacional y el desarrollo sustentable.

El PND 2025-2030 establece como Eje General 4 el "Desarrollo Sustentable", con objetivos orientados a garantizar el derecho a un medio ambiente sano, proteger los ecosistemas nacionales, impulsar la transición energética y fortalecer la resiliencia socioecológica ante el cambio climático. Asimismo, dispone que las obras y actividades privadas deben ser congruentes con la política ambiental nacional y con los instrumentos de planeación territorial vigentes.

VINCULACIÓN DE ESTE PROYECTO CON EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2025-2030

El proyecto VELAMAR se alinea con los objetivos del PND 2025-2030 al promover el desarrollo integral y sustentable mediante la creación de empleo, la derrama económica regional y la aplicación de medidas de mitigación ambiental que garantizan la conservación del 26.54 % del predio como área de conservación. De igual forma, al incorporar sistemas de tratamiento de aguas residuales, manejo adecuado de residuos y medidas de rescate de flora y fauna, el proyecto demuestra congruencia con el Eje General 4 del PND en materia de desarrollo sustentable.

III.1.2 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025-2030 (PROMARNAT)

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025-2030 (PROMARNAT 2025-2030) fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de septiembre de 2025. Su objetivo básico es garantizar el derecho a un medio ambiente sano mediante políticas que promuevan la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable del patrimonio natural, fortaleciendo la resiliencia socioecológica ante el cambio climático. Este programa encuentra su sustento jurídico

en los artículos 4°, 25 y 26 de la Constitución, la LGEEPA, la Ley General de Cambio Climático y la Ley de Planeación.

El PROMARNAT 2025-2030 establece cinco objetivos estratégicos:

1. Conservación y aprovechamiento sustentable de ecosistemas.
2. Restauración ambiental con enfoque de justicia social.
3. Garantía del derecho humano al agua.
4. Fortalecimiento de la acción climática hacia una economía baja en carbono.
5. Impulso a una política ecológica humanista con participación ciudadana.

Este programa sectorial se alinea con el Eje General 4 "Desarrollo Sustentable" del PND 2025-2030 y sus objetivos 4.3, 4.5 y 4.6, estableciendo vínculos directos y obligatorios entre la política ambiental federal y las actividades productivas que se realicen en ecosistemas costeros.

VINCULACIÓN DE ESTE PROYECTO CON EL PROMARNAT 2025-2030

El proyecto VELAMAR contribuye al cumplimiento del PROMARNAT 2025-2030 de las siguientes formas:

Respecto al objetivo 1 (conservación y aprovechamiento sustentable de ecosistemas), el proyecto destina el 26.54 % de su superficie total (6,246.16 m²) como área de conservación, manteniendo la conectividad de la vegetación costera y favoreciendo la permanencia de la fauna silvestre.

En relación al objetivo 2 (restauración ambiental), se realizarán acciones de rescate y reubicación de flora nativa previo al desmonte, y se forestarán las áreas verdes con especies propias del ecosistema costero de la región.

Para el objetivo 3 (derecho humano al agua), el proyecto contempla la captación de agua pluvial mediante aljibes y el tratamiento de aguas residuales mediante biodigestores sistema DLD-14, garantizando que los efluentes cumplan con la NOM-001-SEMARNAT-2021.

Respecto al objetivo 4 (acción climática), se prevé la instalación de paneles de celdas solares como fuente alterna de energía, reduciendo la huella de carbono del desarrollo.

Finalmente, en congruencia con el objetivo 5 (política ecológica humanista), el proyecto genera empleos temporales y permanentes para la comunidad local y se

somete voluntariamente al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental como instrumento de política preventiva.

III.2.3 Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano

La Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU), en su versión vigente, tiene por objeto fijar las normas básicas e instrumentos de gestión de observancia general, para ordenar el uso del territorio y los Asentamientos Humanos en el país, con pleno respeto a los derechos humanos.

> Artículo 4. La planeación, regulación y gestión de los asentamientos humanos, centros de Población y la ordenación territorial, deben conducirse en apego a los siguientes principios de política pública: I. Derecho a la ciudad; III. Derecho a la propiedad urbana. Garantizar los derechos de propiedad inmobiliaria con la intención de que los propietarios tengan protegidos sus derechos, pero también asuman responsabilidades específicas con el estado y con la sociedad; IX. Sustentabilidad ambiental. Promover prioritariamente, el uso racional del agua y de los recursos naturales renovables y no renovables, para evitar comprometer la capacidad de futuras generaciones; X. Accesibilidad universal y movilidad.

Análisis: El proyecto VELAMAR se apega al principio de sustentabilidad ambiental al incorporar sistemas de captación pluvial, tratamiento de aguas residuales y aprovechamiento de energía solar. Asimismo, respeta el derecho a la propiedad urbana garantizando que el interés público prevalezca en el aprovechamiento del territorio. La vialidad principal de acceso permite movilidad a vehículos, motocicletas, bicicletas y peatones, cumpliendo el principio de accesibilidad universal.

> Artículo 10. Corresponde a las entidades federativas: XVI. Convenir con los sectores social y privado la realización de acciones e inversiones concertadas para el Desarrollo Regional, Desarrollo Urbano y Desarrollo Metropolitano.

Análisis: La promovente pretende convenir con el Gobierno del Estado de Yucatán y con los sectores sociales para el desarrollo regional y el desarrollo urbano en la zona costera del municipio.

> Artículo 11. Corresponde a los municipios: XI. Expedir las autorizaciones, licencias o permisos de las diversas acciones urbanísticas, con estricto apego a las normas jurídicas locales, planes o programas de Desarrollo Urbano.

Análisis: El proyecto se someterá a las autorizaciones municipales correspondientes conforme a los planes o programas de desarrollo urbano del municipio donde se ubica el predio.

III.2.3 bis Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Yucatán

Mediante el Decreto 702/2023, publicado en el Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán el 22 de diciembre de 2023, y con su reforma publicada el 17 de abril de 2025, el Estado de Yucatán cuenta con su propia Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. Este ordenamiento establece las normas conforme a las cuales el Estado y los municipios participan en la ordenación y regulación de los asentamientos humanos, con plena congruencia con la legislación federal.

Entre sus principios rectores destacan el desarrollo urbano ordenado y sustentable, la protección del medio ambiente, la reducción de la vulnerabilidad ante fenómenos naturales, la equidad social y el acceso a los servicios básicos. La ley establece mecanismos de coordinación entre el Estado y los municipios para garantizar que los desarrollos inmobiliarios cumplan con los instrumentos de planeación territorial y los ordenamientos ecológicos vigentes.

VINCULACIÓN DE ESTE PROYECTO CON LA LEY DE ASENTAMIENTOS HUMANOS DEL ESTADO DE YUCATÁN (DECRETO 702/2023)

El proyecto VELAMAR cumple con la Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Yucatán al apegarse a los instrumentos de planeación territorial vigentes (POETY 2023 y POETCY), al gestionar ante las autoridades municipales las licencias de urbanización y al incorporar en su diseño elementos de sustentabilidad ambiental. Las vialidades de 2,419.56 m² garantizan la accesibilidad ordenada al desarrollo, y el área de conservación de 6,246.16 m² contribuye a la protección del ecosistema costero, en congruencia con los principios de la ley estatal.

III.2.4 Plan Estatal de Desarrollo "Renacimiento Maya" 2024-2030

Mediante Decreto 64/2025, publicado el 27 de marzo de 2025 en el Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán, el Gobernador Joaquín Díaz Mena presentó el Plan Estatal de Desarrollo "Renacimiento Maya" 2024-2030. Este instrumento de planeación sustituye al Plan Estatal de Desarrollo 2018-2024 y orienta la política pública del Estado con base en 7 directrices estratégicas:

6. Directriz 1: Gobierno Honesto, Humanista y Cercano al Pueblo.
7. Directriz 2: Bienestar Social para la Salud de Todas y Todos.

8. Directriz 3: Educación, Cultura y Deporte Pilares del Renacimiento.
9. Directriz 4: Economía con Prosperidad Compartida y Rescate del Campo.
10. Directriz 5: Infraestructura para un Desarrollo Territorial Ordenado y Sostenible.
11. Directriz 6: Justicia, Seguridad Ciudadana y Cultura de la Paz.
12. Directriz 7: Pueblo Maya. Raíz y Razón de Ser.

La Directriz 5 "Infraestructura para un Desarrollo Territorial Ordenado y Sostenible" establece la necesidad de impulsar el crecimiento urbano con equilibrio ecológico, garantizando que los proyectos inmobiliarios respeten los ordenamientos ecológicos del territorio y contribuyan al bienestar de las comunidades. El Plan integra 133 objetivos estratégicos, 347 objetivos específicos y 1,446 líneas de acción alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de la ONU.

VINCULACIÓN DE ESTE PROYECTO CON EL PLAN ESTATAL DE DESARROLLO "RENACIMIENTO MAYA" 2024-2030

El proyecto VELAMAR se encuentra en concordancia con el Plan Estatal de Desarrollo "Renacimiento Maya" 2024-2030, particularmente con la Directriz 5, mediante las siguientes acciones:

Se aplicarán medidas para conservar los recursos naturales: ahuyentamiento de fauna antes del desmonte, rescate de flora nativa para reforestar las áreas verdes, separación de residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial, instalación de sanitarios portátiles, mantenimiento constante de vehículos y maquinaria, trabajo en turno matutino único para minimizar perturbaciones a la fauna, y conservación de 6,246.16 m² (26.54 %) como área de conservación con vegetación nativa.

En materia de acción climática, se utilizarán celdas solares y sistemas de captación pluvial tipo aljibe maya, contribuyendo a la reducción de la huella de carbono del desarrollo y al uso de energías limpias.

Para el manejo integral de residuos, se realizará la separación y clasificación de residuos sólidos orgánicos, peligrosos y de manejo especial, contratando empresas debidamente autorizadas para su disposición final.

En cuanto a movilidad sustentable, las vialidades de 2,419.56 m² permitirán el acceso ordenado de vehículos, motocicletas, bicicletas y peatones, alineándose con los objetivos de infraestructura vial sustentable del Plan.

III.2.5 Ley de Desarrollos Inmobiliarios del Estado de Yucatán

La Ley de Desarrollos Inmobiliarios del Estado de Yucatán, cuya última reforma fue publicada el 17 de abril de 2025 en el Diario Oficial del Gobierno del Estado, establece el marco normativo para los proyectos de lotificación, Desarrollo Inmobiliario y desarrollo urbano en la entidad, garantizando el crecimiento ordenado, la protección del inversionista y la sustentabilidad ambiental.

> Artículo 4.- Los desarrollos inmobiliarios deberán considerar en su proyecto: II. La Infraestructura Urbana, y III. El mantenimiento, preservación y cuidado bajo criterios de un Desarrollo sustentable.

Análisis: El proyecto VELAMAR contempla la infraestructura urbana necesaria: vialidades de 2,419.56 m² (10.28 % de la superficie total), red eléctrica, sistema de tratamiento de aguas residuales (biodigestor DLD-14), captación de agua pluvial y áreas de conservación. Se aplican criterios de desarrollo sustentable a través de la conservación del 26.54 % del predio como área verde, el uso de energía solar y la reforestación con especies nativas.

VINCULACIÓN DE ESTE PROYECTO CON LA LEY DE DESARROLLOS INMOBILIARIOS DEL ESTADO DE YUCATÁN

El proyecto se ajusta a la Ley de Desarrollos Inmobiliarios del Estado de Yucatán al contemplar la totalidad de la infraestructura urbana requerida y al aplicar criterios de desarrollo sustentable en todas sus etapas. Las factibilidades de energía eléctrica (CFE), agua potable y servicios públicos se encuentran en trámite. Se respetan las restricciones establecidas en los artículos aplicables para la siembra de especies, el sistema de tratamiento de aguas residuales y la disposición de residuos sólidos. La superficie de áreas verdes supera el mínimo del 30 % requerido por la normatividad, ya que el área de conservación de 6,246.16 m² representa el 26.54 % de la superficie total, complementada con las áreas verdes de los lotes individuales.

III.2.6 Reglamento de la Ley de Desarrollos Inmobiliarios del Estado de Yucatán

VINCULACIÓN CON EL REGLAMENTO DE LA LEY DE DESARROLLOS INMOBILIARIOS DEL ESTADO DE YUCATÁN

Se encuentran en trámite las factibilidades de: Energía Eléctrica emitida por la Comisión Federal de Electricidad; Dotación de agua potable y sistema de tratamiento de aguas residuales emitida por el organismo prestador del servicio en el municipio; y Dotación de Servicios Públicos.

Las especies que se sembrarán en las áreas verdes serán las rescatadas de la vegetación original y, en caso necesario, se complementarán con las especies nativas de la zona costera, principalmente árboles de porte regular, palmeras, hierbas, epifitas y pastos nativos. No se sembrarán especies que pudieran causar daños a la infraestructura urbana. El sistema de tratamiento de aguas residuales estará basado en biodigestores DLD-14 con tratamiento terciario de cloración en cada lote.

III.3.1.1 Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY 2023)

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán 2023 (POETY 2023) fue publicado mediante Decreto 692/2023 en el Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán el 5 de diciembre de 2023 (No. 35,255). Este decreto abrogó expresamente al Decreto 793/2007, publicado el 26 de julio de 2007, constituyéndose así en el instrumento de ordenamiento ecológico territorial vigente para todo el estado de Yucatán. El proceso de actualización fue elaborado por el Área de Planeación Colaborativa del Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad del Instituto de Ecología de la UNAM, con un período de consulta pública del 8 de junio al 19 de julio de 2023.

El POETY 2023 define 176 Unidades de Gestión Ambiental (UGAs): 17 corresponden a Áreas Naturales Protegidas y 158 al resto del territorio estatal. Las fichas individuales de cada UGA, con sus criterios, lineamientos y estrategias específicas, se encuentran en el Anexo del decreto. De acuerdo con el análisis cartográfico del POETY 2023, la porción del predio del proyecto VELAMAR destinada a zona de conservación (6,246.16 m^2, 26.54 %) queda comprendida en la UGA 107 — Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán, con Política de Protección (P), al tratarse de un Área Natural Protegida de competencia estatal. La zona donde se abrirán las

vialidades (2,419.56 m², 10.28 %) se analiza bajo el POETCY vigente (Decreto 308/2015) en la sección III.3.1.2 de este capítulo.

El POETY 2023 establece cinco políticas ambientales para la gestión de las UGAs:

13. Política de Protección (P): garantizar la permanencia de especies y ecosistemas esenciales, prevalece en ANPs; las actividades productivas se sujetan a la declaratoria y programa de manejo.
14. Política de Preservación (Pres): priorizar la permanencia de servicios ambientales y funciones ecológicas; aplica en UGAs con alta cobertura vegetal en buen estado; no se recomienda cambio de uso del suelo.
15. Política de Conservación (C): permite actividades compatibles con la conservación; no se recomienda cambio de uso del suelo.
16. Política de Restauración (Rest): aplicable a unidades con parches de cobertura natural deteriorados; se fomentará conectividad y recuperación de integridad funcional.
17. Política de Aprovechamiento Sustentable (Aprov): aplica a UGAs fuera de ANPs, con sectores que maximizan aptitud global; orientada a producción agrícola estabilizada, industria, suelo urbano y expansión urbana.

UGA 107 – RESERVA ESTATAL CIÉNAGAS Y MANGLARES DE LA COSTA NORTE DE YUCATÁN – POLÍTICA DE PROTECCIÓN

La UGA 107 corresponde a la Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán (RECMCNY), Área Natural Protegida de competencia estatal declarada mediante decreto publicado en el Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán el 19 de marzo de 2010. La reserva cuenta con una superficie total de 54,776.72 hectáreas y abarca los municipios de Hunucmá, Ucú, Progreso, Ixil, Motul, Dzemul, Telchac, Sinanché, Yobaín, Dzidzantún y Dzilam de Bravo. Alberga selva baja caducifolia, selva baja inundable, vegetación de duna costera, petenes, pastizales y cuatro especies de mangle (Rhizophora mangle, Avicennia germinans y Laguncularia racemosa), constituyéndose como un corredor biológico de importancia regional.

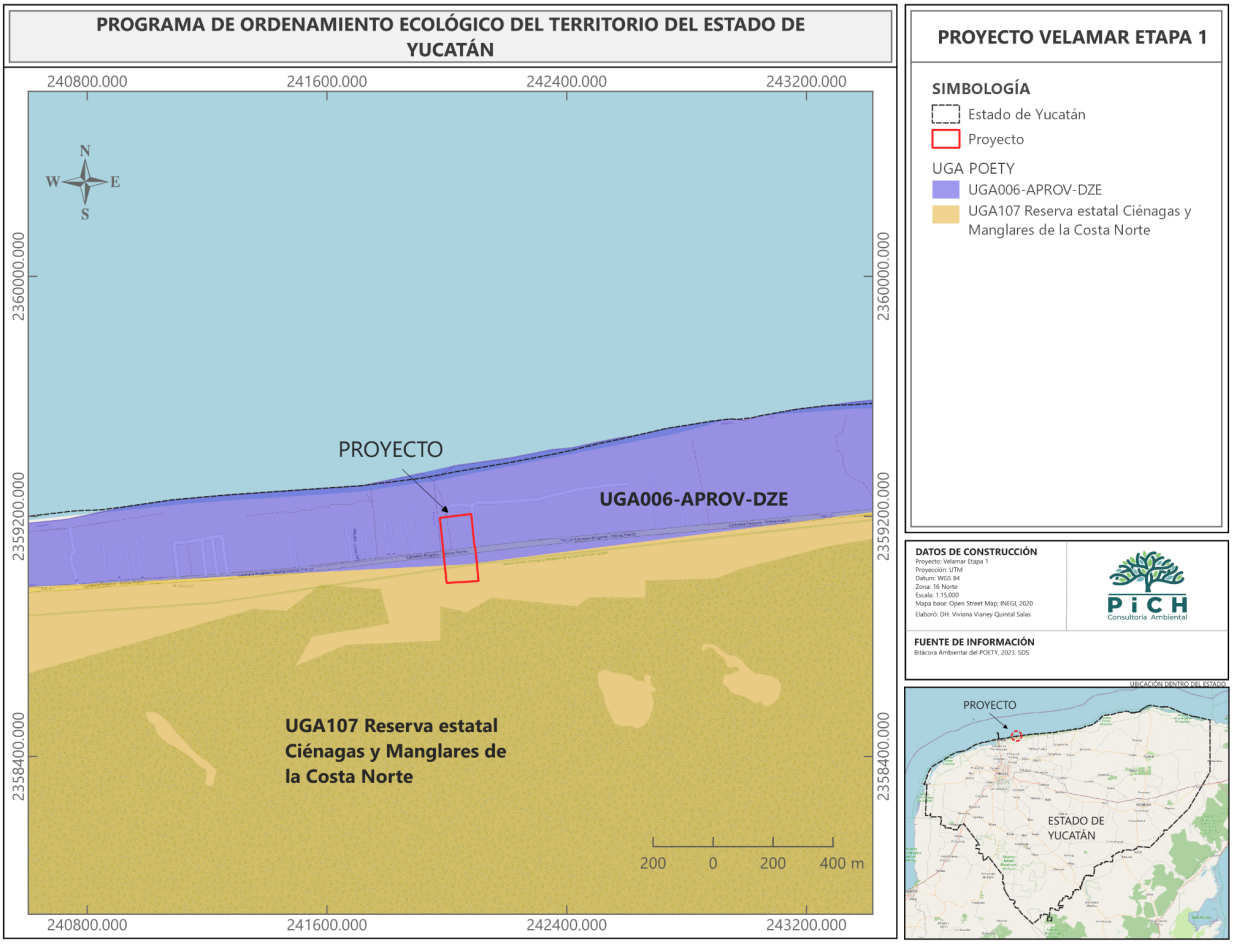

Figura III.1 Ubicación del proyecto en la UGA006-APROV-DZE y UGA107 Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte, del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán.

En el POETY 2023, la UGA 107 tiene asignada la Política de Protección (P), la cual establece que las actividades productivas que se pretendan desarrollar están sujetas a lo establecido en la declaratoria y el programa de manejo del Área Natural Protegida. El área de conservación de 6,246.16 m² (26.54 % de la superficie total del predio) se ubica dentro de esta UGA y será destinada exclusivamente a la conservación de la vegetación costera y los ecosistemas presentes, sin ningún tipo de construcción permanente, en estricta congruencia con la Política de Protección.

VINCULACIÓN DEL PROYECTO VELAMAR CON LA UGA 107 – RESERVA ESTATAL CIÉNAGAS Y MANGLARES

El proyecto reconoce que 6,246.16 m² de su predio (26.54 %) se encuentran dentro de la UGA 107, correspondiente a la Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán. En consecuencia, el proyecto adopta las siguientes medidas para dar cumplimiento a la Política de Protección del POETY 2023 y a los objetivos de conservación del Área Natural Protegida:

Tabla III.1 Vinculación con los criterios del POETY 2023

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
Política de Protección – Art. declaratoria ANP. Las actividades que se pretendan desarrollar están sujetas a la declaratoria y el programa de manejo de la Reserva Estatal.	El área de 6,246.16 m² (26.54 %) se destina íntegramente a conservación sin construcción permanente alguna, en cumplimiento de la declaratoria de la Reserva Estatal y su programa de manejo. El promovente presentará constancia de compatibilidad ante la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado.
Criterio de Protección 6. No se permite la construcción a menos de 20 m de cuerpos de agua, salvo autorización de la autoridad competente.	El área de conservación de 6,246.16 m² actúa como zona de amortiguamiento entre las construcciones del desarrollo y los cuerpos de agua del ANP, garantizando que ninguna edificación se construya a menos de 20 m de los mismos.
Criterio de Protección 7. La construcción de cualquier obra deberá respetar el límite federal, proteger las playas, línea costera, dunas que la rodean, así como la vegetación en buen estado de conservación.	El área de conservación preserva la vegetación costera nativa presente en el predio. No se construirá ninguna obra permanente dentro de los 6,246.16 m² correspondientes a la UGA 107.
Criterio de Protección 8. No se permitirá la construcción de edificaciones en áreas bajas inundables, pantanos, dunas costeras y zonas de manglares reconocidas dentro de áreas de alto riesgo.	El área de conservación de 6,246.16 m² evita la construcción en zonas de vegetación de manglar, duna costera u otras zonas de alto riesgo que pudieran estar presentes en la porción del predio correspondiente a la UGA 107.
Criterio de Protección 9. No se permite la quema de vegetación, de desechos sólidos ni la aplicación de herbicidas y defoliantes.	En el área de conservación y en todo el predio no se realizarán quemas ni se aplicarán herbicidas o defoliantes en ninguna etapa del proyecto.
Criterio de Protección 12. Los proyectos deberán garantizar la conectividad de la vegetación entre predios colindantes para la movilidad de fauna silvestre.	El área de conservación de 6,246.16 m² garantiza la conectividad ecológica con la Reserva Estatal Ciénagas y Manglares adyacente, favoreciendo el corredor

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
	biológico regional para aves, reptiles y mamíferos menores.
Criterio de Protección 13. No se permiten las actividades que degraden la naturaleza en las zonas que forman parte de corredores biológicos.	El área de conservación se mantendrá libre de cualquier actividad que degrade la naturaleza, incluyendo depósito de materiales de construcción, tránsito de maquinaria o disposición de residuos.
Criterio de Protección 15. No se permite el pastoreo ni la quema de vegetación en las dunas costeras.	No se realizarán actividades de pastoreo ni quemas de vegetación en ninguna parte del predio, en particular en el área de conservación de 6,246.16 m².
CB03. En la MIA se deberá incluir la ubicación y características de los humedales costeros que se encuentren en el predio. Se deberán evitar impactos directos, indirectos o a distancia que causen desecación o sedimentación de los humedales.	Se identificarán y caracterizarán los humedales costeros presentes en la porción del predio correspondiente a la UGA 107. El área de conservación de 6,246.16 m² protegerá estos ecosistemas, evitando impactos por las obras de vialidades.
CB04. Las obras de infraestructura deberán mantener los procesos hidrodinámicos naturales para minimizar impactos sobre los humedales. Los rellenos de terrenos se restringirán a casos en que sea posible salvaguardar condiciones naturales.	Las vialidades de 2,419.56 m² se diseñarán con materiales permeables y drenes para mantener los procesos hidrodinámicos naturales, quedando como vialidades de área, sin pavimentación. No se realizarán rellenos en la zona de humedales ni en el área de conservación.
Criterio de Restauración 5. Se debe recuperar la cobertura vegetal en zonas con proceso de erosión y perturbadas.	El área de conservación de 6,246.16 m² será enriquecida con especies nativas del ecosistema costero (mangle, vegetación de duna, especies halófitas), contribuyendo a la recuperación de la cobertura vegetal dentro de la UGA 107.
Criterio de Restauración 7. Debe promoverse la recuperación de playas, lagunas costeras y manglares.	El área de conservación contribuirá a la recuperación y preservación de los ecosistemas de manglar y vegetación costera presentes en la Reserva Estatal, a través de la siembra de especies nativas y la exclusión permanente de actividades perturbadoras.

III.3.1.2 Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY)

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY) es el instrumento de política ambiental establecido mediante el Decreto 160/2014, publicado el 20 de marzo de 2014 en el Diario Oficial del Estado de Yucatán,

reformado por el Decreto 308/2015, publicado el 14 de octubre de 2015. Constituye el ordenamiento territorial de carácter 'regional' en los términos del artículo 19 bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), y es el instrumento actualmente vigente para regular el uso del suelo en la franja costera del estado.

El POETCY reconoce cinco tipos de paisaje costero (Art. 9): Isla de Barrera (BAR), Cuerpos Lagunares (LAG), Manglares/Petenes/Blanquizales (MAN), Sabana (SAB) y Selva (SEL). Las políticas ambientales aplicables son: Conservación (C2, C3), Aprovechamiento Sustentable de Baja Intensidad (AP1), Aprovechamiento Sustentable de Intensidad Media (AP2), Urbano (URB), Portuaria (PORT), Área Natural Protegida (ANP) y Restauración (R, carácter indicativo, se aplica conjuntamente con las anteriores).

UGA IXI01-BAR AP1-R — ISLA DE BARRERA, APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE BAJA INTENSIDAD

De acuerdo con la cartografía del POETCY vigente (Decreto 308/2015), la superficie del predio donde se abrirán las vialidades del proyecto VELAMAR (2,419.56 m², 10.28 % de la superficie total) queda comprendida en la Unidad de Gestión Ambiental IXI01-BAR AP1-R, cuya clave se interpreta conforme al artículo 13 del Decreto 160/2014 de la siguiente manera: IXI = municipio de Ixil; 01 = primera UGA del municipio; BAR = paisaje de Isla de Barrera (Art. 9, fracción I); AP1 = Política de Aprovechamiento Sustentable de Baja Intensidad (Art. 10, fracción III); R = sujeta adicionalmente a Política de Restauración (Art. 10, fracción IX).

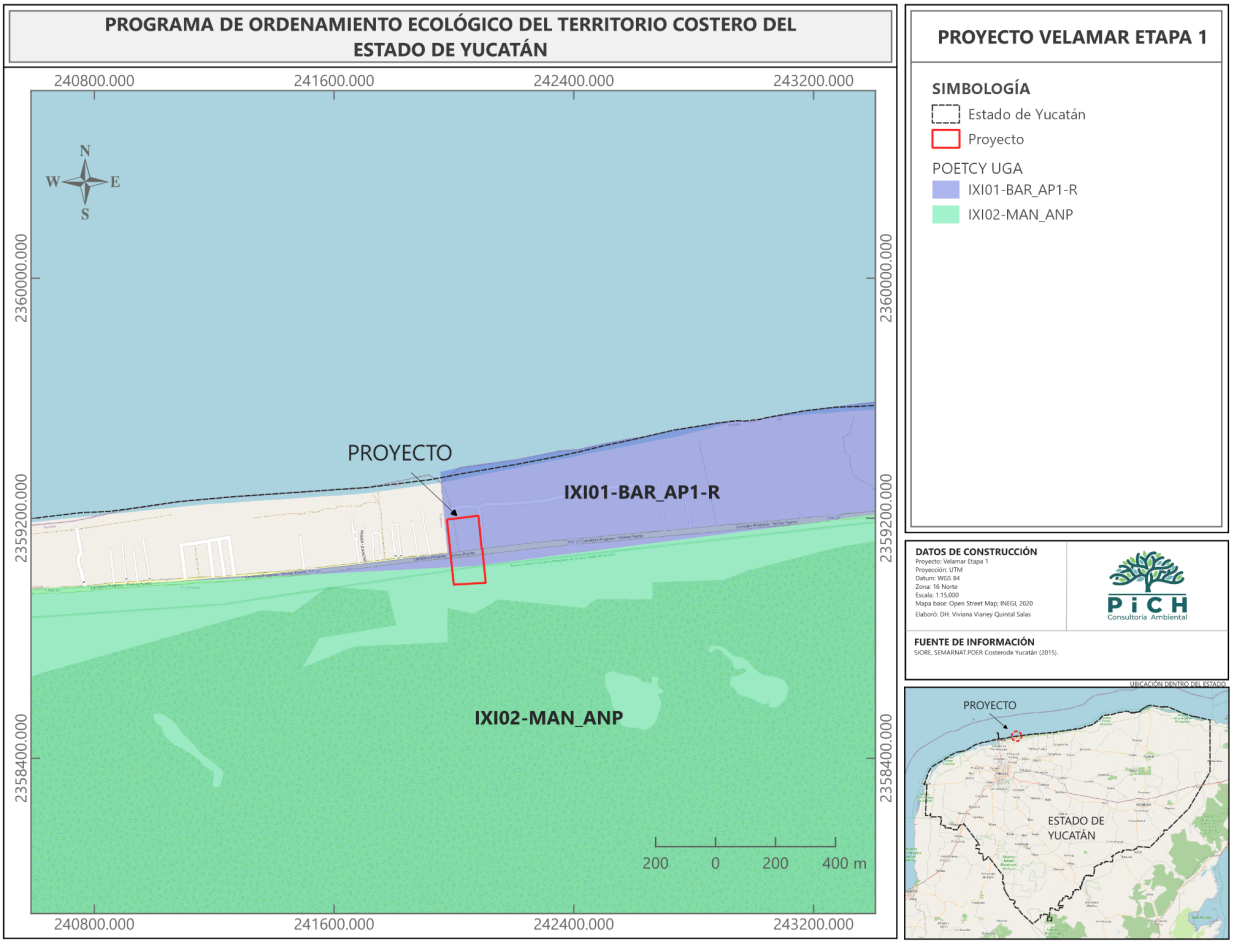

Figura III.2 Ubicación del proyecto en las UGAs IXI01-BAR-AP1-R y IZI02_MAN-ANP del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán.

La Isla de Barrera se define en el artículo 9 del Decreto 160/2014 como: 'el paisaje que se forma como consecuencia del transporte marino de sedimentos, la anchura aproximada de este paisaje fluctúa entre 50 m a 2,500 m'. El artículo 10 define la política AP1 como: 'Aprovechamiento sustentable de baja intensidad: esta política no permite desarrollar ciertas actividades por la fragilidad del medio, únicamente aplica a islas de barrera, lagunas y selvas'. La letra R indica que la UGA está sujeta adicionalmente a Política de Restauración, de carácter indicativo, 'cuya aplicación depende de la concurrencia de esfuerzos para realizarla'.

A) ACTIVIDADES Y USOS DE SUELO – UGA IXI01-BAR AP1-R (Art. 11, Decreto 160/2014)

Tabla III.2 Usos actuales, compatibles e Incompatibles de la UGA IXI01-BAR.R

USOS ACTUALES	USOS COMPATIBLES	USOS INCOMPATIBLES (PROHIBIDOS)
Clave 2. Aprovechamiento doméstico de flora y fauna. Clave 22. Vivienda unifamiliar.	Clave 1. Área para el cuidado y preservación de condiciones naturales. Clave 2. Aprovechamiento doméstico de flora y fauna. Clave 3. Apicultura. Clave 4. Unidades de manejo de vida silvestre y aprovechamiento cinegético. Clave 9. Agricultura de plantaciones perennes (henequén, coco, frutales). Clave 18. Industrial no contaminante del manto freático y de bajo consumo de agua. Clave 20. Turismo de muy bajo impacto (palapas, senderos, pesca deportiva, observación de aves). Clave 21. Turismo alternativo (hoteles, vivienda multifamiliar y servicios compatibles). Clave 22. Vivienda unifamiliar. Clave 23. Turismo tradicional de mediano impacto. Clave 25. Desarrollos inmobiliarios conforme a la Ley de Desarrollos Inmobiliarios del Estado de Yucatán.	Clave 5. Pesca de consumo doméstico o deportiva. Clave 6. Acuacultura artesanal o extensiva. Clave 7. Acuacultura industrial o intensiva. Clave 8. Agricultura tradicional (milpa) y ganadería de ramoneo. Clave 10. Agricultura semiintensiva. Clave 11. Ganadería extensiva en potreros. Clave 12. Ganadería estabulada. Clave 13. Extracción artesanal de sal o artemia. Clave 14. Extracción industrial de sal. Clave 15. Extracción de arena. Clave 16. Extracción artesanal de piedra o sascab. Clave 17. Extracción industrial de piedra o sascab. Clave 19. Industria en general. Clave 24. Campos de golf. Clave 26. Sitios de disposición final de residuos sólidos. Clave 27. Desarrollos portuario-marinos. Clave 28. Aprovechamiento forestal maderable y no maderable. Clave 29. Industria eoloeléctrica.

Conforme a la tabla de usos del suelo, las actividades propuestas por el proyecto VELAMAR son compatibles con la UGA IXI01-BAR AP1-R: la apertura de vialidades se enmarca en la Clave 25 (Desarrollos inmobiliarios conforme a la Ley de Desarrollos Inmobiliarios del Estado de Yucatán), uso compatible. El resultado del proyecto será la lotificación para uso habitacional (Clave 22, Vivienda unifamiliar), también compatible. Ninguna actividad proyectada corresponde a los usos incompatibles señalados.

VINCULACIÓN DEL PROYECTO VELAMAR CON LOS CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA – UGA IXI01-BAR AP1-R (Art. 12, Decreto 160/2014 / Decreto 308/2015)

Los criterios de regulación ecológica aplicables a la UGA IXI01-BAR AP1-R, conforme a la tabla del artículo 14 del POETCY (Decreto 308/2015), son los números: 2, 9, 11, 12, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 30, 31, 32, 37, 38, 47, 57, 59, 61, 63 y 64. A continuación se presenta la vinculación del proyecto con cada criterio aplicable:

Tabla III.3 Vinculación con los criterios para la UGA IXI01-BAR AP1-R del POETY 2023

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
Criterio 2. 'Dada la aptitud de este territorio y su grado de vulnerabilidad se restringe el establecimiento de nuevas zonas para la extracción de sal, de cultivo de artemia o de acuacultura, así como la ampliación de las existentes.'	El proyecto VELAMAR no contempla ninguna actividad extractiva de sal, cultivo de artemia ni acuacultura. La actividad propuesta es exclusivamente la lotificación para uso habitacional, congruente con los usos compatibles de la UGA.
Criterio 9. 'La extracción de arena queda supeditada a la autorización de los permisos por parte de las autoridades municipales y de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente… y en aquellas que se encuentren en áreas naturales protegidas, deberán contar con la autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales o de la dirección de la reserva.'	El proyecto no contempla extracción de arena. No se realizará movimiento de material pétreo arenoso fuera de las excavaciones mínimas necesarias para las vialidades de 2,419.56 m², cuyo material será reutilizado en rellenos dentro del predio.
Criterio 11. 'Cuando se requiera delimitar los terrenos particulares… esta delimitación se deberá realizar garantizando el libre paso de las especies y que no fragmenten el ecosistema.'	El cerco perimetral del desarrollo respetará el libre paso de fauna silvestre mediante diseño de mampostería con aberturas o malla que no impida el desplazamiento de fauna menor (reptiles, aves, mamíferos pequeños). El área de conservación de 6,246.16 m² mantiene la conectividad ecológica con la UGA 107 adyacente.
Criterio 12. 'La construcción e instalación de infraestructura en zonas federales que afecten la dinámica del transporte litoral, tales como espigones, espolones, escolleras, geotubos y bardas… quedarán restringidas y sujetas a evaluación de impacto ambiental.'	El proyecto no construirá ningún tipo de infraestructura en zona federal marítimo terrestre (ZOFEMAT) ni en la franja de 20 m contigua. Ninguna obra del proyecto afectará la dinámica del transporte litoral de sedimentos. El predio se ubica detrás de la primera duna costera.
Criterio 18. 'No se permiten nuevas construcciones o expansiones de desarrollos habitacionales, turísticos o educativos en las zonas de acreción (terrenos ganados al mar) de los márgenes orientales de las escolleras de los puertos de abrigo o marinas, debido a los	El predio no se ubica en zonas de acreción ni en los márgenes de escolleras de puertos de abrigo. El proyecto se desarrolla en terrenos ubicados en la barra arenosa natural, sin afectar terrenos ganados al mar.

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
impactos generados al transporte litoral de sedimentos.'	
Criterio 19. 'Las autorizaciones de construcción de hoteles, condominios, villas, casas-habitación, desarrollos habitacionales y urbanos… en predios ubicados frente a la playa requerirán de una delimitación de la zona federal marítimo terrestre y los promoventes deberán identificar en un plano topográfico la primera duna… no nivelarán ni destruirán la primera duna y respetarán la vegetación rastrera y de matorral existente.'	El proyecto identifica y respeta la primera duna costera. Se presentará plano topográfico con la delimitación de la ZOFEMAT y la ubicación de la primera duna. Las vialidades de 2,419.56 m² se trazarán detrás de la cara posterior del primer cordón dunar, sin nivelar ni destruir su corona. La vegetación rastrera y de matorral de la duna será preservada en el área de conservación (6,246.16 m², 26.54 %).
Criterio 20. 'Para las autorizaciones de construcción de predios ubicados frente a la playa cuyas dimensiones no les permitan cumplir con la disposición señalada en el criterio anterior, podrán optar por sistemas de construcción elevados sobre pilotes, que mantengan la duna y la vegetación, previa evaluación en materia de impacto ambiental.'	En caso de que la geometría de algún lote no permita mantener la primera duna íntegra, se adoptará el sistema de construcción elevada sobre pilotes de madera. Esto aplica especialmente a los lotes frontales que colinden directamente con la zona de duna primaria.
Criterio 21. 'En caso de que la primera duna esté alterada o poco definida, las construcciones deben incluir trampas de arena para reconstruirla; si la vegetación está alterada, es escasa o inexistente, la obra debe incluir la reforestación con vegetación rastrera y de matorral desde la duna hasta la playa.'	El proyecto incluirá trampas de arena en los lotes frontales donde la duna esté alterada. El área de conservación de 6,246.16 m² se reforestará con vegetación rastrera y matorral costero nativos (Ipomoea pescaprae, Canavalia maritima, Scaevola plumieri, entre otras) desde la duna hasta la playa, conforme a este criterio.
Criterio 22. 'Las construcciones en la barra arenosa de tipo habitacional, turístico, comercial y de servicios deberán sujetarse al procedimiento del cálculo de la capacidad de carga (Anexo I)… En todos los casos se requerirán evaluaciones de impacto ambiental.'	La superficie máxima aprovechable del proyecto fue calculada conforme al Anexo I del POETCY. El análisis de capacidad de carga determinó la superficie de aprovechamiento con base en lotes de 300 m² mínimo, restricciones de vialidades y áreas comunes. El resultado es congruente con las 2,419.56 m² de vialidades y las superficies de lotes propuestas. La presente Manifestación de Impacto Ambiental constituye la evaluación en materia de impacto ambiental exigida por este criterio.
Criterio 23. 'El diseño por viento de las construcciones en la barra arenosa deberá considerar velocidades de 250 km/h.'	Las vialidades y toda la infraestructura del desarrollo se diseñarán estructuralmente para soportar velocidades de viento de

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
	250 km/h, conforme a este criterio. Este requerimiento se trasladará a los propietarios de cada lote para el diseño de sus viviendas unifamiliares.
Criterio 24 (según Decreto 308/2015). 'La altura máxima de los edificios construidos en la barra arenosa dentro del área que resulte del estudio de capacidad de carga determinada por el anexo I o el estudio de contexto será equivalente a la que determine el número máximo de lotes unifamiliares que pudiera establecerse en la superficie máxima de aprovechamiento para el desarrollo… Se tomará como base lotes con una superficie de 300 m^2 y las restricciones por concepto de vialidades… Para el cálculo de altura en metros, se tomará como base que la altura máxima por piso se considerará de tres metros. En el caso de una vivienda unifamiliar, la altura máxima dicha vivienda será de diez metros.'	Esta etapa del proyecto únicamente contempla la apertura de vialidades (2,419.56 m^2) sin construcción de viviendas. En etapas posteriores, cada propietario deberá respetar la altura máxima establecida por este criterio: 10 m para vivienda unifamiliar, y 3 m por piso para edificaciones multifamiliares. Este criterio se incorporará en las normas de urbanización del Desarrollo Inmobiliario.
Criterio 30. 'Los accesos peatonales a la playa, ya sean públicos o privados, deberán consistir en andadores elevados sobre pilotes para no destruir la vegetación fijadora de la arena, o accesos serpenteados no mayores a 1.5 m de ancho.'	El predio conecta con una vialidad externa y paso peatonal hacia la playa, existente desde hace varios años. Se evitará la apertura de brechas directas que destruyan la duna y su vegetación.
Criterio 31. 'Las áreas actuales ocupadas por desarrollos turísticos, vivienda y las de futura expansión deberán contemplar el acceso público a zona federal marítimo terrestre, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, recomendándose distancias máximas de 200 m.'	El diseño del Desarrollo Inmobiliario garantiza el acceso público a la ZOFEMAT con separación máxima de 200 m entre puntos de acceso, conforme a las disposiciones del Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, ZOFEMAT y Terrenos Ganados al Mar.
Criterio 32. 'La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales dispondrá las áreas, horarios y condiciones en que no podrán utilizarse vehículos motorizados… en áreas de anidación de tortugas marinas y la porción correspondiente a la primera duna costera.'	El Desarrollo Inmobiliario implementará restricciones de circulación vehicular en la zona de primera duna y en las áreas de anidación de tortugas marinas durante la temporada de anidación (abril-octubre), conforme a las disposiciones de la SEMARNAT. Se informará a los propietarios de esta obligación.
Criterio 37. 'Las excavaciones y obras hidráulicas para conectar los cuerpos	El proyecto no contempla ninguna excavación o conexión de cuerpos

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
lagunares con el mar requerirán de evaluación en materia de impacto ambiental por parte de la SEMARNAT.'	lagunares con el mar. Las únicas excavaciones previstas son las superficiales necesarias para la nivelación de las vialidades de 2,419.56 m².
Criterio 38. 'Las vialidades de acceso público a las playas deberán mantener su permeabilidad por lo que cualquier propuesta de recubrimiento o pavimentación deberá cumplir con este requisito.'	Las vialidades de 2,419.56 m² se construirán de calles blancas de arena, garantizando la permeabilidad del suelo para mantener la infiltración del agua pluvial y la recarga del acuífero freático costero.
Criterio 47. 'Dada la vulnerabilidad y fragilidad del sitio, no se permite la construcción de campos de golf.'	No aplica al proyecto. No se proyecta ningún campo de golf ni instalación relacionada. La Clave 24 (Campos de golf) figura expresamente como uso incompatible en la UGA IXI01-BAR AP1-R.
Criterio 57. 'Los proyectos de construcción de viviendas, desarrollos turísticos de hospedaje y servicios, los desarrollos urbanos y, en general, cualquier edificación sometida a la evaluación de la autoridad competente deben incluir la implementación de sistemas ahorradores de agua y sistemas integrales de tratamiento y disposición de aguas residuales previendo la separación de aguas grises de las negras.'	Cada lote del Desarrollo Inmobiliario contará con un sistema de tratamiento de aguas residuales tipo biodigestor DLD-14 con tratamiento terciario. La infraestructura del Desarrollo Inmobiliario incluirá redes separadas para aguas grises y negras. Los muebles sanitarios de cada vivienda serán de bajo consumo. Este criterio se incorporará como obligación en el Reglamento Interno del Desarrollo Inmobiliario.
Criterio 59. 'No se permite que se realicen en playas y lagunas el mantenimiento de embarcaciones, motores, y depósitos de aceites y combustibles.'	El proyecto no contempla actividades de mantenimiento de embarcaciones en playa ni laguna. No habrá depósito de aceites ni combustibles en el predio. Se prohibirá expresamente esta actividad en el Reglamento Interno del Desarrollo Inmobiliario.
Criterio 61. 'Dada la vulnerabilidad del territorio, se restringe la disposición final de residuos sólidos urbanos, de manejo especial, tóxicos, peligrosos y biológico-infecciosos.'	Los residuos generados durante la construcción (residuos de construcción y demolición – RCD) serán transportados por empresa autorizada al sitio de disposición final habilitado por el H. Ayuntamiento. Los residuos peligrosos generados (envases de pinturas, solventes, aceites) serán manejados por empresa autorizada. No se dispondrán residuos de ningún tipo en el predio ni en sus alrededores.
Criterio 63. 'Los residuos de la actividad pesquera como eviscerados, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en dicha actividad, están regulados por la Ley	No aplica directamente al tipo de proyecto. Se establecerá como prohibición en el Reglamento Interno del Desarrollo

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, por lo que su disposición en las playas está restringida.'	Inmobiliario la disposición de residuos de cualquier tipo en la playa.
Criterio 64. 'No se permite el vertimiento de salmueras a los humedales, lagunas, manglares y blanquizales.'	El proyecto no genera salmueras ni efluentes salinos. Las aguas residuales tratadas contarán con la calidad establecida en la NOM-001-SEMARNAT y no serán vertidas a humedales, lagunas, manglares ni blanquizales.

Análisis General. El proyecto VELAMAR es de competencia federal en cuanto a la evaluación en materia de impacto ambiental, puesto que la obra se ubica en un ecosistema costero. A lo largo de este documento se presentan las medidas para cumplir con lo establecido en los Reglamentos y normas oficiales aplicables. El diseño del proyecto se ha ajustado a las regulaciones de los Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial aplicables (POETY 2023 y POETCY vigente). Parte del predio se ubica en el Área Natural Protegida, Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán, el cual está destinado para el área de conservación, , respetando, la observancia del programa de manejo de Área Natural Protegida.

III.3.1.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMyMC)

El Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (en adelante POEMyRGMyMC o POEM-GMC) fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de noviembre de 2012, mediante Acuerdo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Constituye el instrumento de política ambiental de observancia obligatoria en materia de ordenamiento ecológico a escala federal para las zonas marinas mexicanas y los municipios con influencia costera del Golfo de México y Mar Caribe, de conformidad con los artículos 5°, fracciones II y IX; 19; 19 Bis, fracciones II y IV; 20 Bis 2; 20 Bis 3; 20 Bis 6, y 20 Bis 7 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

El objeto del POEM-GMC es regular e inducir el uso del suelo y las actividades productivas en la zona costera y marina del Golfo de México y Mar Caribe, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir de la identificación de vocaciones territoriales y la definición de Unidades de Gestión Ambiental (UGA) con sus respectivas políticas ecológicas, lineamientos y acciones.

Ámbito de aplicación. El POEM-GMC tiene dos componentes espaciales: (1) Área Marina (AM): zonas marinas mexicanas incluyendo zonas federales adyacentes, con una superficie de 827,023.8 km²; y (2) Área Regional (AR): franja costera de 142 municipios en 6 entidades federativas (Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo), con 168,462.4 km². El Área Sujeta a Ordenamiento (ASO) total es de 995,486.2 km². El municipio de Ixil, Yucatán, se ubica en el Área Regional del programa, siendo por tanto un instrumento federal de planeación territorial vinculante para el proyecto VELAMAR.

UGA Aplicable — UGA 170. De acuerdo con la cartografía oficial del POEM-GMC, el predio del proyecto VELAMAR, ubicado en la zona costera del municipio de Ixil, Yucatán, se localiza en la Unidad de Gestión Ambiental número 170 (UGA 170) del componente Regional. Esta UGA corresponde a la franja costera del Estado de Yucatán y es de particular relevancia por el reconocimiento expreso que hace el propio POEM-GMC de la vigencia del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY) como instrumento de mayor especificidad para dicha franja.

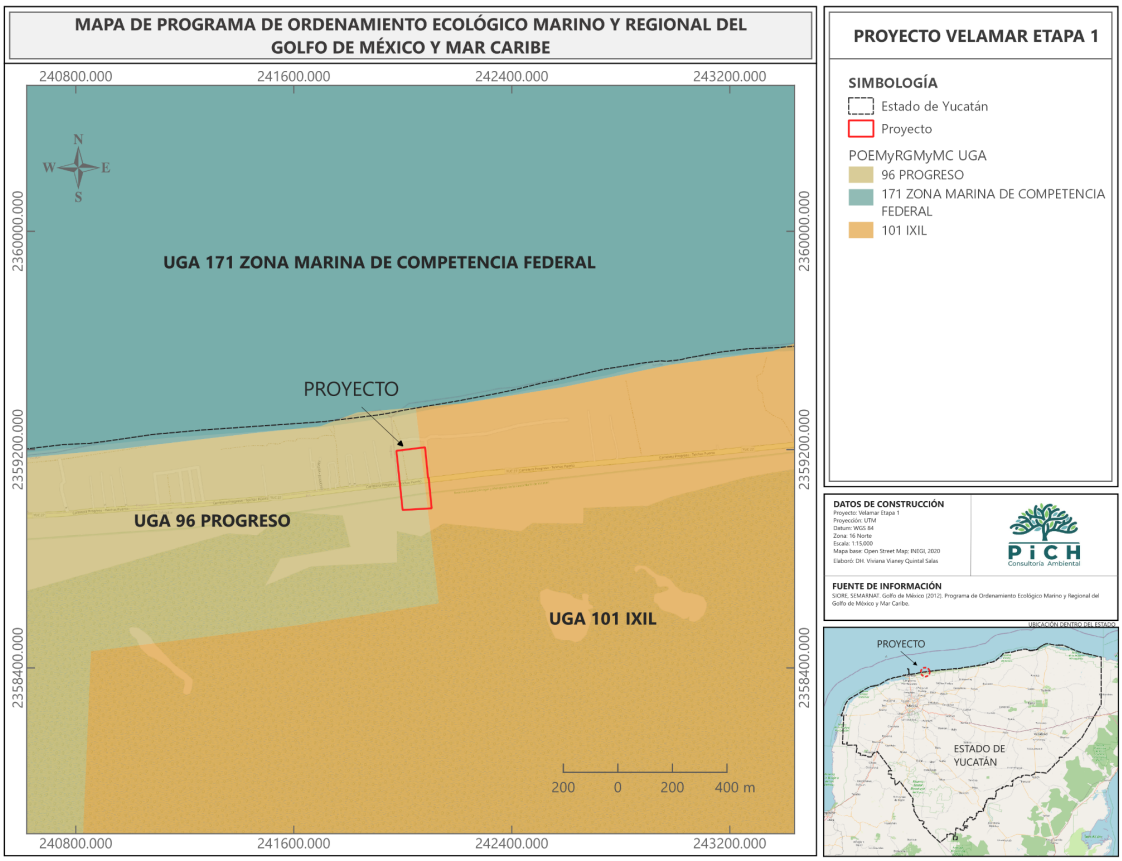

Figura III.3 Ubicación del proyecto en la UGA 170 del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe.

CLÁUSULA DE PRECEDENCIA DEL POETCY EN UGA 170

La ficha de la UGA 170 del POEM-GMC establece de manera expresa y textual lo siguiente:

> "A esta UGA se le aplican las Acciones Generales descritas en el anexo 4 además de las siguientes Acciones Específicas, excepto en el área que cubre el Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY), en la cual, por sus características particulares y por cubrir la franja costera del Estado de Yucatán, aplican las disposiciones de ese programa."

Esta cláusula de precedencia tiene un doble significado jurídico: (i) reconoce que el POETCY, al ser un instrumento de mayor detalle y especificidad territorial para la franja costera yucateca, desplaza la aplicación directa de las Acciones Específicas del POEM-GMC en dicha franja; y (ii) confirma que el POETCY actúa como instrumento de implementación del marco federal establecido por el POEM-GMC, garantizando la congruencia jerárquica entre ambos ordenamientos. El cumplimiento exhaustivo de los criterios del POETCY vigente (Decreto 308/2015), documentado en la sección III.3.1.2 de este capítulo, constituye, por tanto, el mecanismo formal de cumplimiento con las Acciones Específicas del POEM-GMC para la UGA 170.

ACCIONES ESPECÍFICAS APLICABLES EN UGA 170 Y CONGRUENCIA DEL PROYECTO

Si bien la ficha de UGA 170 del POEM-GMC refiere que, dentro del área cubierta por el POETCY, son las disposiciones de este último las que aplican, a continuación, se presenta el análisis de congruencia del proyecto VELAMAR con los objetivos y lineamientos generales del POEM-GMC, así como con las Acciones Específicas señaladas en la UGA 170, con la finalidad de demostrar la compatibilidad del proyecto con el marco federal de ordenamiento ecológico marino y regional:

Tabla III.4 Vinculación con los criterios para la UGA 170 del POEM-GMC

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
Objetivo General del POEM-GMC: Promover el uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y los servicios ambientales de la zona marina y	El proyecto VELAMAR es una lotificación urbana de baja intensidad que destina el 26.54% (6,246.16 m²) de su superficie a zona de conservación, y se sujeta

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
costera del Golfo de México y Mar Caribe, asegurando la integridad de los ecosistemas y la calidad ambiental.	integralmente a los criterios del POETCY (instrumento de implementación del POEM-GMC para la franja costera de Yucatán), garantizando la preservación del ecosistema costero.
Lineamiento Ecológico: Proteger, conservar y restaurar los ecosistemas y hábitat críticos de la zona costera del Golfo de México, incluyendo dunas costeras, humedales y vegetación de matorral costero.	El proyecto respeta la primera duna, conserva la vegetación rastrera y de matorral conforme al Criterio 19 del POETCY. La zona de conservación (6,246.16 m^2) preserva la continuidad del hábitat costero. No se afectan manglares ni humedales.
Lineamiento Ecológico: Regular y ordenar las actividades turísticas y de desarrollo urbano en la zona costera, evitando el deterioro ambiental.	El proyecto se sujeta al cálculo de capacidad de carga del Anexo I del POETCY (Criterio 22), limitando la densidad de aprovechamiento. El diseño respeta la altura máxima de 10 m para vivienda unifamiliar y 3 m por piso (Criterio 24). Se cuenta con autorización de impacto ambiental ante la SEMARNAT.
Acciones A-007, A-012, A-013: Promover el pago por servicios ambientales; integrar estrategias de conectividad ecológica en los programas de manejo; establecer sistemas de monitoreo ambiental en zonas costeras.	La zona de conservación del proyecto (26.54% de la superficie) preserva la conectividad ecológica de la isla de barrera. El Programa de Vigilancia Ambiental incluye monitoreo de vegetación costera y fauna silvestre durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación.
Acciones A-014, A-016, A-018: Inventariar y proteger los manglares; restaurar ecosistemas y áreas degradadas; promover el ordenamiento ecológico de los municipios costeros en el marco del POEM-GMC.	El proyecto se ubica en un municipio costero (Ixil) que cuenta con el POETCY como instrumento de ordenamiento específico, reconocido expresamente por UGA 170. La zona de conservación constituye una medida activa de preservación del ecosistema de isla de barrera.
Acciones A-022, A-025, A-027, A-028, A-029, A-030, A-031: Promover el desarrollo de actividades productivas sustentables; establecer programas de manejo costero integrado; regular los usos del suelo en la zona costera inmediata.	El proyecto es una lotificación urbana de uso habitacional que forma parte de los usos compatibles (Uso 1) establecidos en el POETCY para la UGA IXI01-BAR AP1-R. Se sujeta a los lineamientos de manejo costero del POETCY, instrumento reconocido por UGA 170 del POEM-GMC como el aplicable a la franja costera yucateca.
Acciones A-033, A-034, A-037: Conservar las tortugas marinas y su hábitat de anidación; controlar las especies invasoras	El diseño del proyecto considera la restricción de iluminación artificial hacia la playa durante la temporada de anidación

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
en ecosistemas costeros; promover la gestión integral de residuos sólidos en municipios costeros.	de tortugas marinas, en congruencia con el Criterio 57 del POETCY. Se contempla un Plan de Manejo de Residuos Sólidos con depósito temporal y recolección por el servicio municipal. No se introducen especies exóticas.
Acciones A-041, A-042, A-043, A-044, A-045, A-046, A-047, A-048: Regular las actividades de desarrollo urbano-turístico en la zona costera; promover la construcción sustentable; asegurar la provisión de infraestructura sanitaria adecuada.	El proyecto contempla sistemas de tratamiento de aguas residuales conforme a la NOM-001-SEMARNAT-2021, manejo de residuos de construcción, y diseño estructural para velocidades de viento de 250 km/h conforme al Criterio 23 del POETCY. La densidad de construcción respeta los límites de capacidad de carga del ecosistema.
Acciones A-060, A-069, A-070, A-071: Promover la pesca sustentable y el ordenamiento de la actividad pesquera; fomentar la participación social y la educación ambiental; fortalecer la gobernanza ambiental costera.	El proyecto no incluye actividades pesqueras. El promovente se compromete a implementar un programa de educación ambiental para trabajadores durante la etapa de construcción, con énfasis en la importancia de los ecosistemas costeros y la prohibición de afectar la vegetación de duna y matorral costero.

Análisis General. El proyecto VELAMAR guarda plena congruencia con el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe. La ficha de la UGA 170, aplicable al municipio de Ixil, Yucatán, reconoce expresamente que las disposiciones del POETCY son las que rigen en la franja costera yucateca, operando como instrumento de mayor especificidad y detalle respecto del POEM-GMC. El cumplimiento de los 22 criterios del POETCY documentado en la sección III.3.1.2 de este capítulo constituye el mecanismo formal de implementación de los lineamientos y acciones del POEM-GMC para este proyecto. A nivel de los objetivos y lineamientos generales del programa federal, el proyecto demuestra su compatibilidad al destinar una superficie de conservación significativa, sujetarse a los límites de capacidad de carga, respetar los ecosistemas sensibles (duna, vegetación costera) y contar con medidas de control Ambiental durante la construcción y operación.

III.3.1.4 Regiones Terrestres Prioritarias de México (RTP) — RTP-146 Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam

Las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) de México fueron establecidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)

mediante el Programa de Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad, con el objetivo de identificar las áreas del territorio nacional de mayor relevancia para la conservación por su alta biodiversidad, grado de endemismo, función como corredor biológico y estado de conservación. Se identificaron 152 regiones terrestres a escala 1:1 000 000. Estos instrumentos, aunque no son normativos en sentido estricto, constituyen una referencia fundamental de la política ambiental nacional y son criterio de análisis obligatorio en los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (Art. 19 LGEEPA; Art. 13 Reglamento EIA).

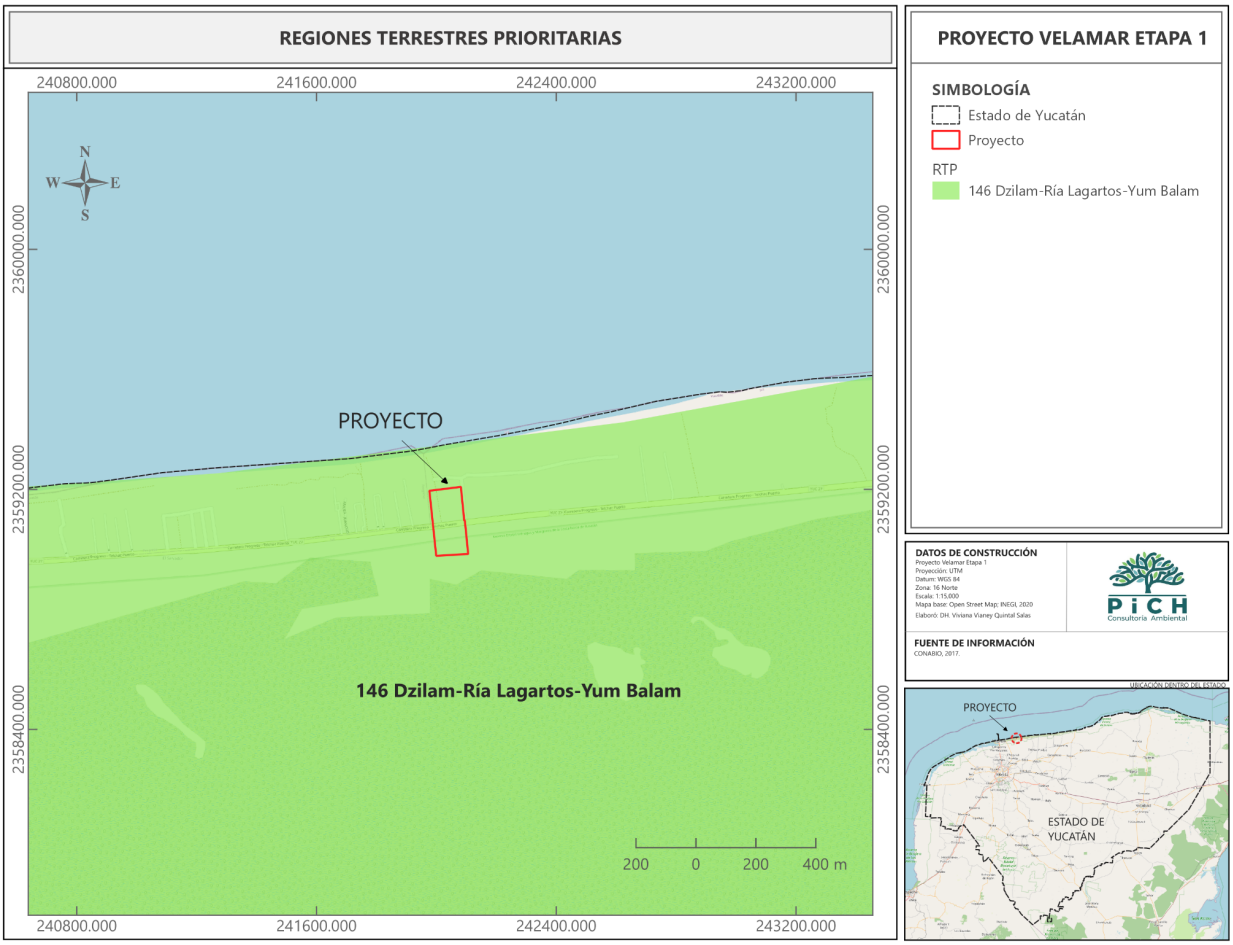

Figura III.4 Ubicación del proyecto de acuerdo con las Regiones Terrestres Prioritarias.

RTP-146 Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam. De conformidad con la cartografía oficial de CONABIO (Arriaga et al., 2000, Regiones Terrestres Prioritarias de México), el proyecto VELAMAR se ubica dentro de la RTP-146 denominada 'Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam'. Esta región cubre una superficie de 3,204 km² en los estados de Quintana Roo

y Yucatán, e incluye expresamente al municipio de Ixil entre los 21 municipios que la integran. Las coordenadas extremas son: Latitud N 21°10'48" a 21°37'48" y Longitud W 86°47'24" a 89°56'24". Recibe un Valor para la Conservación de 3 (mayor a 1,000 km²) y una Integridad Ecológica Funcional de 4 (alto). El principal tipo de vegetación es el manglar (27%), seguido de selva mediana subperennifolia (15%), vegetación acuática (11%) y áreas sin vegetación aparente que incluyen dunas costeras (8%). Dentro de esta RTP se ubican dos Áreas Naturales Protegidas: Isla Holbox y Ría Lagartos. Constituye un sitio de anidación del flamenco rosado (*Phoenicopterus ruber*) y de concentración excepcional del merostomado *Limulus polyphemus* (cacerolita de mar).

VINCULACIÓN RTP-146 – PROYECTO VELAMAR

Tabla III.5 Vinculación con los criterios de la RTP-146

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
La RTP-146 identifica como principales problemáticas ambientales el 'crecimiento urbano desordenado en la zona costera', las actividades industriales con poca regulación y la destrucción de dunas costeras y manglar.	El proyecto VELAMAR es un desarrollo urbano ordenado que se sujeta íntegramente al POETCY (Decreto 308/2015), instrumento específico de ordenamiento de la isla de barrera de la costa norte de Yucatán. La densidad y los usos se ajustan a los límites de capacidad de carga (Criterio 22 POETCY). No se afectan manglares ni humedales.
La RTP-146 reconoce la alta integridad ecológica funcional de los ecosistemas de marismas, selvas bajas y comunidades dulceacuícolas que la conforman, así como la importancia de la conectividad entre comunidades de vegetación costera.	El proyecto destina el 26.54% de su superficie (6,246.16 m²) a zona de conservación, preservando la continuidad de la vegetación de duna y matorral costero. No se nivela ni destruye la primera duna (Criterio 19 POETCY). El proyecto no afecta manglares, humedales ni vegetación acuática de la RTP.
Presencia de endemismos con valor para la conservación de 2 (medio): el geconid Pseudophoenix sp. y especies de Ría Lagartos, incluyendo 15 endémicas de México y una de Yucatán. Sitio de anidación del flamenco rosado (Phoenicopterus ruber).	El predio se ubica en la isla de barrera y no en los humedales o lagunas costeras que concentran las poblaciones de flamencos y especies endémicas. La zona de conservación y la prohibición de iluminación artificial hacia la playa (Criterio 57 POETCY) minimizan los impactos sobre la avifauna costera.
La política de conservación de la RTP-146 indica que 'no se conocen actividades de conservación en la región', señalando la necesidad de programas de manejo de recursos, monitoreo y conservación de zonas naturales.	El proyecto incluye Programa de Vigilancia Ambiental durante construcción y operación. La zona de conservación (26.54%) y el cumplimiento del POETCY contribuyen al manejo sustentable de la franja costera, coherente con las

	necesidades identificadas por la CONABIO para la RTP-146.

Análisis General RTP. El proyecto VELAMAR, al ubicarse dentro de la RTP-146 Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam, reconoce la alta relevancia ecológica de la zona costera en la que se inserta. Sin embargo, el predio se localiza en la isla de barrera (barra arenosa) y no en los ecosistemas de mayor sensibilidad de la RTP (manglares, humedales, lagunas costeras). La aplicación integral del POETCY — instrumento de mayor especificidad para este ecosistema —, la designación de una zona de conservación de 26.54%, y las medidas de control ambiental adoptadas garantizan que el proyecto es compatible con la conservación de los valores ecológicos identificados para la RTP-146.

III.3.1.5 Regiones Marinas Prioritarias de México (RMP) — RMP-61 Sisal-Dzilam

Las Regiones Marinas Prioritarias (RMP) de México fueron establecidas por la CONABIO (Arriaga et al., 1998, Regiones Marinas Prioritarias de México) mediante talleres multidisciplinarios con 74 expertos del sector académico, gubernamental, privado y social. Se identificaron y delimitaron 70 áreas costeras y oceánicas consideradas prioritarias por su alta diversidad biológica, uso de recursos y necesidad de conocimiento sobre biodiversidad. Al igual que las RTP, las RMP constituyen un instrumento de referencia de la política ambiental nacional aplicable al análisis de proyectos en zonas costeras (Art. 19 LGEEPA).

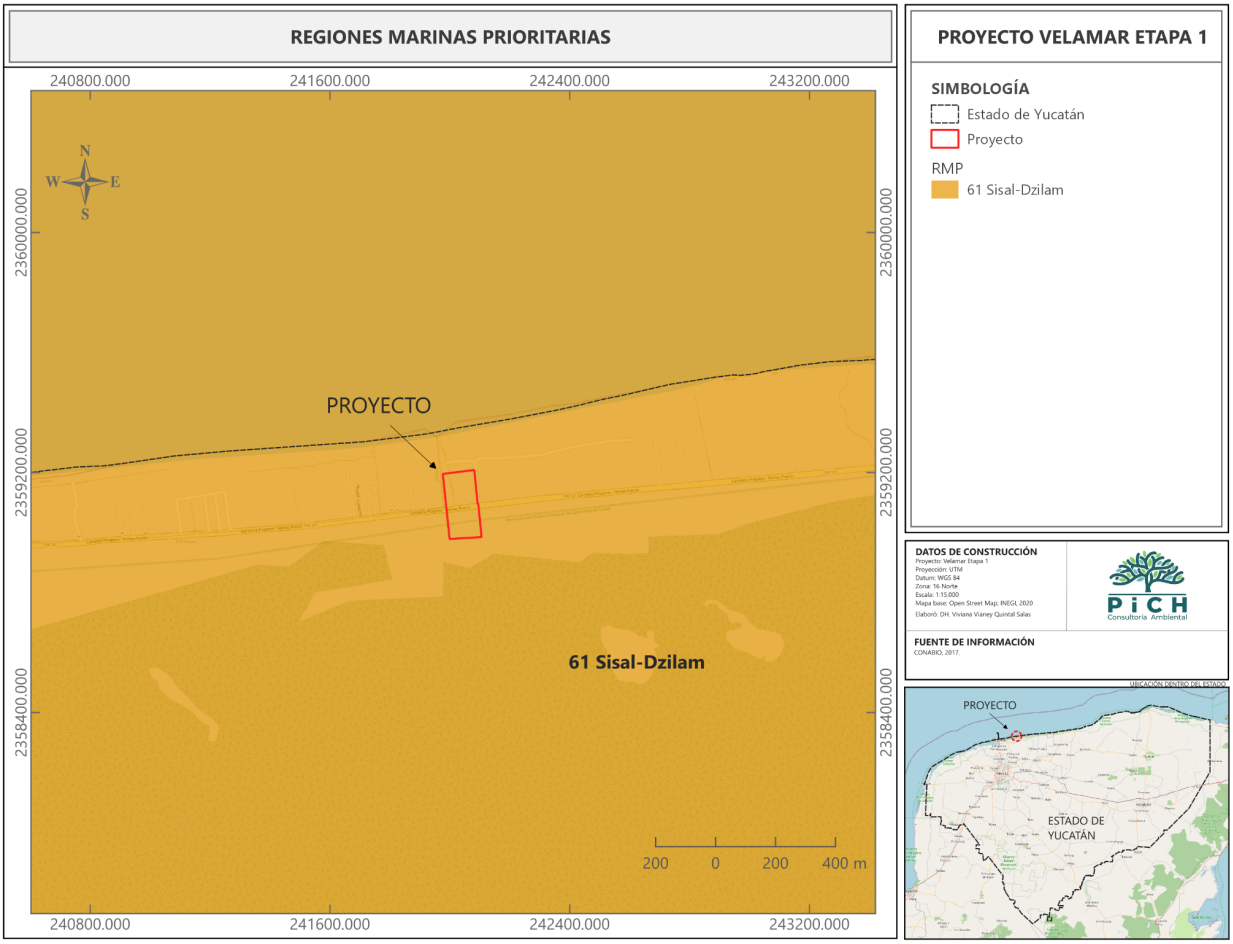

Figura III.5 Ubicación del proyecto de acuerdo con las Regiones Marinas Prioritarias.

RMP-61 Sisal-Dzilam. El proyecto VELAMAR se ubica dentro de la Región Marina Prioritaria número 61, denominada 'Sisal-Dzilam', la cual corresponde a la franja marina de la costa norte del Estado de Yucatán entre los municipios de Sisal y Dzilam de Bravo. El municipio de Ixil se encuentra dentro de esta franja. La RMP-61 abarca una superficie de 10,646 km², con coordenadas: Latitud 21°40'48" a 20°28'12" N y Longitud 90°21' a 88°26'24" W. El clima es cálido subhúmedo a semiárido con lluvias de verano. Los fondos son calcáreos con dunas y petenes en la zona costera. La RMP-61 clasifica como Área de Alta Biodiversidad (AB) y Área de Falta de Información (AFI), lo que denota su importancia biológica y la necesidad de incrementar su conocimiento. Alberga moluscos, poliquetos, equinodermos, crustáceos, tortugas (caguama Caretta caretta), peces, aves, mamíferos marinos (manatí), manglares y vegetación costera. Es zona de alimentación para tortugas y manatí, y de crianza para peces y cocodrilos.

VINCULACIÓN RMP-61 — PROYECTO VELAMAR

Tabla III.6 Vinculación con los criterios de la RMP-61

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
La RMP-61 identifica como problemática la 'modificación del entorno' por daño al ambiente por remoción de pastos marinos, arrastres camaroneros, perturbación de fondos y por asentamientos irregulares en la zona costera.	El proyecto es una lotificación urbana en tierra sobre la isla de barrera. No implica actividades en el medio marino (dragados, rellenos en zona marina, extracción de recursos marinos). Las aguas residuales serán tratadas conforme a la NOM-001-SEMARNAT-2021 para evitar la contaminación del ecosistema costero-marino.
La RMP-61 reporta contaminación por agroquímicos, basura y aguas negras como problemática principal para la calidad del ecosistema marino.	El proyecto incluye sistema de tratamiento de aguas residuales tipo SITAR, plan de manejo de residuos sólidos con separación y recolección municipal, y medidas de control de residuos de construcción. No se realizan actividades agropecuarias ni se utilizan agroquímicos.
La RMP-61 reconoce zonas de anidación para tortugas marinas (Caretta caretta), área de alimentación para manatí (Trichechus manatus) y hábitat de cocodrilo americano (Crocodylus acutus).	El proyecto contempla medidas de protección de tortugas marinas: restricción de iluminación artificial hacia la playa durante la temporada de anidación (Criterio 57 POETCY). El predio no interfiere con zonas de alimentación del manatí ni de cocodrilos. La zona de conservación (26.54%) preserva el hábitat de franja costera.
La RMP-61 recomienda elaborar 'un programa de manejo de recursos, monitoreo y conservación de zonas naturales (de crianza, migración, reproducción, anidación)'.	El Programa de Vigilancia Ambiental del proyecto incluye monitoreo de la zona de conservación, vegetación costera y avistamiento de fauna durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación. El cumplimiento del POETCY garantiza la preservación del ecosistema de isla de barrera.

Análisis General RMP. La región marina adyacente al proyecto VELAMAR corresponde a la RMP-61 Sisal-Dzilam, reconocida como área de alta biodiversidad marina. El proyecto no implica actividades en el medio marino; se trata de una lotificación en tierra sobre la barra arenosa costera que cumple íntegramente con el POETCY. Las medidas de tratamiento de aguas residuales, manejo de residuos y protección de tortugas marinas garantizan la compatibilidad del proyecto con la conservación de los valores biológicos marinos identificados para la RMP-61.

III.3.1.6 Regiones Hidrológicas Prioritarias de México (RHP) – RHP-102 Anillo de Cenotes

Las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) de México fueron establecidas por la CONABIO (Contreras et al., 2002, Aguas Continentales y Diversidad Biológica de México) mediante talleres multidisciplinarios. Se identificaron 110 regiones hidrológicas prioritarias a escala 1:250,000, con una cobertura total de 777,248 km² de las principales cuencas hidrográficas del país. Son instrumentos de la política ambiental nacional que sirven de referencia para evaluar proyectos con potencial impacto sobre los recursos hídricos superficiales y subterráneos (Art. 7 bis, 9 y 88 bis de la Ley de Aguas Nacionales; Art. 19 LGEEPA).

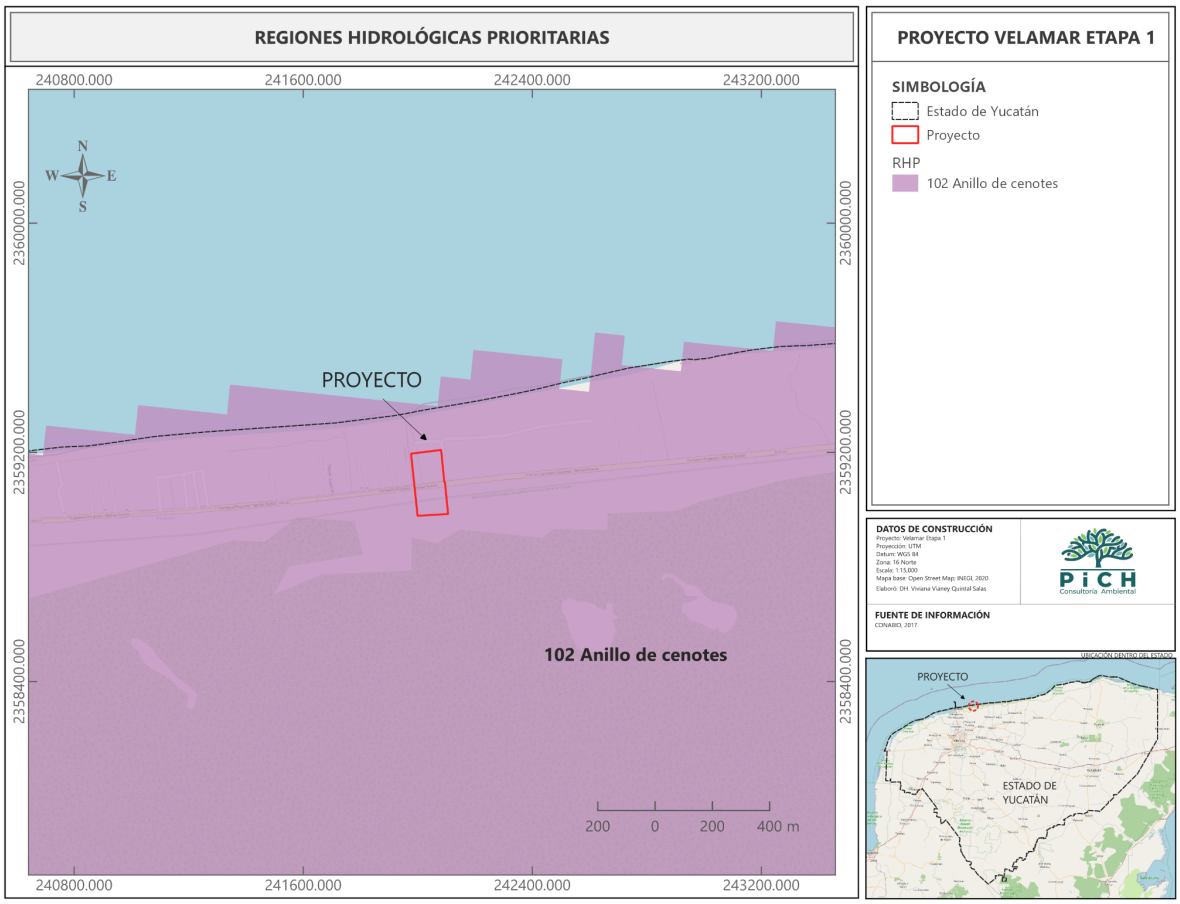

Figura III.6 Ubicación del proyecto de acuerdo con las Regiones Hidrológicas Prioritarias.

RHP-102 Anillo de Cenotes. El predio del proyecto VELAMAR se ubica dentro de la Región Hidrológica Prioritaria número 102, denominada 'Anillo de Cenotes', que cubre

la totalidad del Estado de Yucatán con una superficie de 16,214.82 km², coordenadas: Latitud 21°37'48" a 19°48'36" N y Longitud 90°29'24" a 87°15'36" W. Esta RHP es clasificada como Región de Alta Biodiversidad (AAB), de Uso por Sectores (AU) y Amenazada (AA). Su recurso hídrico fundamental es la extensa cuenca criptorréica de aguas subterráneas del Anillo de Cenotes, que constituye el principal acuífero de la Península de Yucatán. Los recursos hídricos lénticos incluyen cenotes, lagunas costeras, marismas, ciénegas y petenes. El municipio de Progreso (inmediato a Ixil) es uno de los principales poblados de la región. La RHP-102 es reconocida por albergar especies endémicas de peces (Poecilia velifera), anfibios, reptiles y aves de la Península de Yucatán, así como sitios de anidación de cuatro especies de tortugas marinas protegidas.

VINCULACIÓN RHP-102 — PROYECTO VELAMAR

Tabla III.7 Vinculación con los criterios de la RHP-102

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
La RHP-102 identifica como problemática crítica 'la extracción inmoderada de agua y la contaminación de las aguas subterráneas', así como la contaminación por materia orgánica, metales pesados y escurrimientos agrícolas con agroquímicos.	El proyecto VELAMAR se ubica sobre la isla de barrera (barra arenosa), cuyo subsuelo es marino-salobre y no conectado directamente al acuífero de agua dulce del Anillo de Cenotes. El sistema de tratamiento de aguas residuales (SITAR) cumple con la NOM-001-SEMARNAT-2021, impidiendo la contaminación del subsuelo y del ecosistema costero.
La RHP-102 señala la 'destrucción de dunas costeras por efecto de la industria salinera, construcción de carreteras y bordos' y el 'desarrollo de infraestructura portuaria' como causas de modificación del entorno en la franja costera.	El proyecto no construye carreteras costeras, bordos ni infraestructura portuaria. Las vialidades internas (2,419.56 m², 10.28%) se proyectan sobre la barra arenosa respetando la primera duna. El diseño respeta los flujos de agua superficial del ecosistema de isla de barrera conforme a los criterios del POETCY.
La RHP-102 alberga sitios de anidación de tortugas marinas (Caretta caretta, Chelonia mydas, Dermochelys coriacea, Eretmochelys imbricata) y áreas de concentración excepcional del merostomado Limulus polyphemus, ambas de alta relevancia biológica.	El proyecto contempla restricción de iluminación artificial hacia la playa durante la temporada de anidación de tortugas marinas (Criterio 57 POETCY), minimizando la perturbación a estos sitios de anidación. La zona de conservación (26.54%) preserva el hábitat de duna y vegetación costera utilizado por estas especies.
La RHP-102 requiere estudios de microtopografía de las cuencas, control de contaminantes y monitoreo de la calidad	El Programa de Vigilancia Ambiental incluye monitoreo de calidad del agua durante las etapas de construcción y operación. No se perforan pozos de

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
del agua subterránea, especialmente en zonas costeras con desarrollo urbano.	extracción de agua dulce en la isla de barrera (el suministro proviene de la red municipal de agua potable), evitando interferir con el acuífero costero.

Análisis General RHP. El proyecto VELAMAR se localiza en la Región Hidrológica Prioritaria 102 (Anillo de Cenotes), que constituye el sistema acuífero fundamental de la Península de Yucatán. El proyecto se sitúa en la franja de barra arenosa costera, cuyo subsuelo es de naturaleza marina y no conecta directamente con el acuífero de agua dulce. Las medidas de tratamiento de aguas residuales conforme a NOM-001-SEMARNAT-2021 y el manejo adecuado de residuos sólidos garantizan que el proyecto no compromete la calidad de los recursos hídricos identificados por la CONABIO como prioritarios para la conservación en la RHP-102.

III.3.1.7 Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional (RAMSAR) — Sitio No. 2468

La Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convención de Ramsar) es un tratado intergubernamental adoptado el 2 de febrero de 1971 en Ramsar, Irán, y en vigor desde el 21 de diciembre de 1975. México es Parte Contratante desde 1986 (Decreto de promulgación DOF 29 de agosto de 1986). La Convención Ramsar establece la obligación de los Estados Parte de incluir la conservación de los humedales en su planificación nacional del uso del suelo, promover el uso racional de los humedales en su territorio y cooperar en su gestión transfronteriza. En México, la implementación de la Convención Ramsar se instrumenta a través de la SEMARNAT y la CONANP, y los sitios designados se vinculan con el procedimiento de EIA mediante los artículos 19 y 28 de la LGEEPA.

Sitio Ramsar No. 2468 — Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán. México designó el Sitio Ramsar número 2468 el 2 de febrero de 2022 (Día Mundial de los Humedales), correspondiente a la 'Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán'. Este sitio abarca una superficie de 54,776.72 hectares en el norte del Estado de Yucatán e incluye expresamente los municipios de Hunucmá, Ucú, Progreso, Ixil, Motul, Dzemul, Telchac Puerto, Sinanché, Yobaín, Dzidzantún y Dzilam Bravo. El Sitio Ramsar 2468 comprende un corredor biológico formado por ecosistemas de seibadal, manglar, petenes (islas de árboles rodeadas de humedales), selva baja inundable de temporada, sabana y selva baja caducifolia, siendo los manglares el ecosistema predominante representado por tres especies:

Rhizophora mangle, Avicennia germinans y Laguncularia racemosa. Con esta designación, México cuenta con 143 Humedales de Importancia Internacional. Las especies protegidas representativas incluyen la sardinita yucateca (Fundulus grandissimus, endémica), la anguila ciega yucateca (Ophisternon infernale, endémica), el flamenco americano (Phoenicopterus ruber) y la espátula rosada (Platalea ajaja).

VINCULACIÓN SITIO RAMSAR No. 2468 – PROYECTO VELAMAR

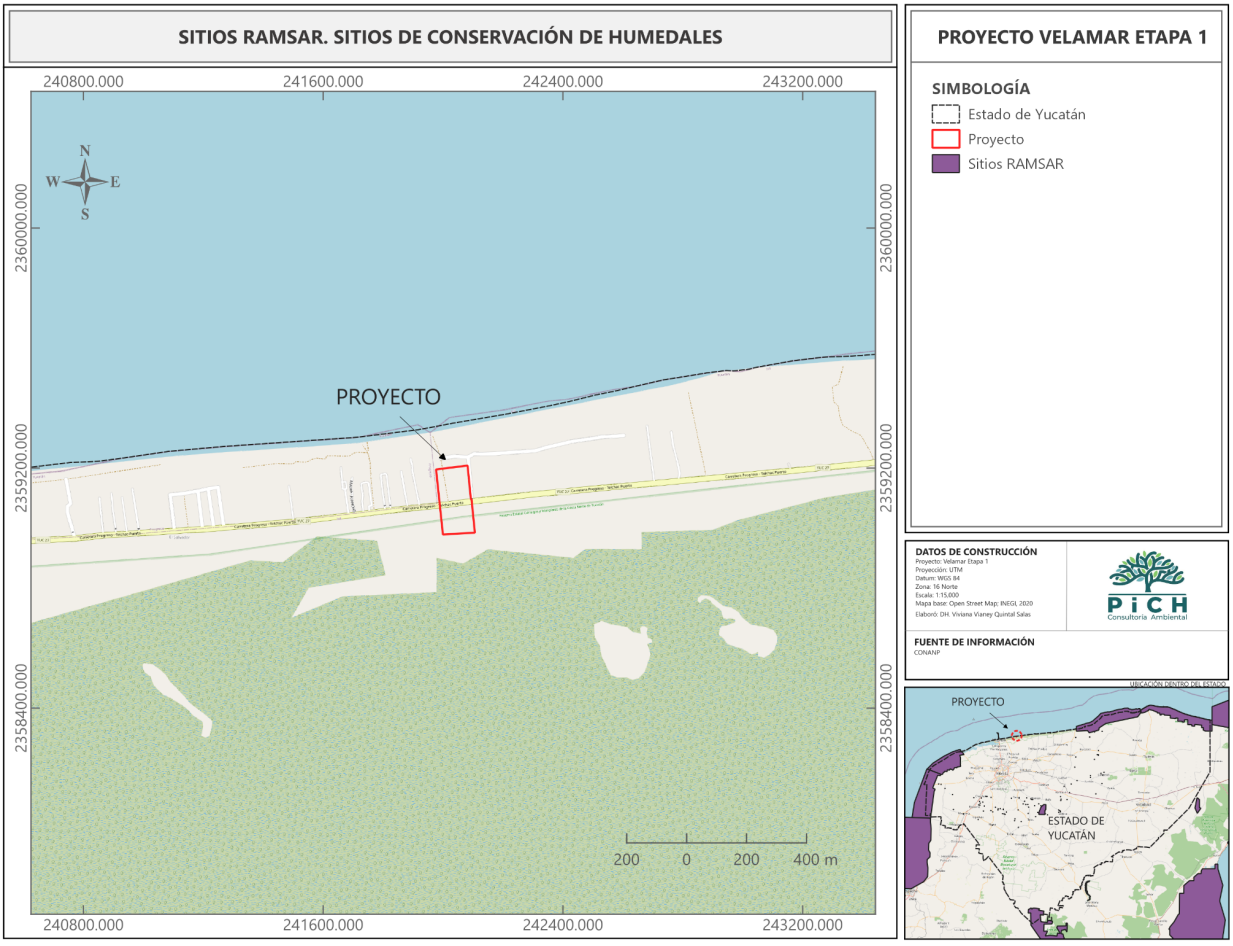

Figura III.7 Ubicación del proyecto de acuerdo con los Sitios RAMSAR

Tabla III.8 Vinculación con los criterios del sitio RAMSAR No. 2468

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
El Sitio Ramsar 2468 comprende los ecosistemas de manglar, ciénega, petenes y selva baja inundable de la franja costera del norte de Yucatán. La Convención Ramsar promueve el uso racional de los humedales, definido como el 'mantenimiento de sus características ecológicas, logrado mediante la implementación de enfoques por ecosistemas, dentro del contexto del desarrollo sostenible'.	El proyecto VELAMAR se ubica en la barra arenosa (isla de barrera) que separa el sistema de ciénagas y manglares del Golfo de México. La zona de conservación (26.54% = 6,246.16 m^2) constituye un área que preserva la conectividad ecológica entre la barra arenosa y el sistema de humedales del Sitio Ramsar.
La Convención Ramsar establece la obligación de no alterar las características ecológicas de los sitios designados, incluyendo los procesos ecosistémicos, la biodiversidad y los bienes y servicios que proveen. La Ley General de Vida Silvestre (Art. 60 TER) prohíbe la remoción de mangle en cualquier supuesto.	El proyecto no afecta manglares ni la ciénaga. No se realizan rellenos de zona federal ni obras en zonas inundables. El POETCY (Decreto 308/2015) vigente en la zona — incluyendo sus 22 criterios de regulación — garantiza el uso racional de los ecosistemas de la isla de barrera adyacentes al Sitio Ramsar.
El Sitio Ramsar 2468 alberga especies de distribución restringida y alto valor de conservación: Fundulus grandissimus (NOM-059 amenazada), Ophisternon infernale (NOM-059 amenazada) y el flamenco americano (Phoenicopterus ruber), que utiliza los blanquizales y lagunas costeras de toda la franja costera como zonas de alimentación.	El proyecto no afecta los cuerpos de agua salobres, lagunas costeras ni blanquizales que utilizan estas especies. La restricción de iluminación artificial hacia la laguna (Criterio 57 POETCY) minimiza la perturbación al flamenco y otras aves acuáticas del humedal. El sistema de tratamiento de aguas residuales impide la descarga de contaminantes que afecten la calidad del agua del sistema lagunar.
La Convención Ramsar y su Marco Global de Humedales 2025-2030 establecen que los proyectos desarrollados en municipios que contienen sitios Ramsar deben contribuir al uso racional de los humedales y reportar ante la Conferencia de las Partes cualquier cambio adverso.	El promovente del proyecto se compromete a: (i) no realizar actividades que alteren las características ecológicas del Sitio Ramsar 2468; (ii) implementar las medidas de mitigación del Programa de Vigilancia Ambiental; y (iii) mantener la zona de conservación (26.54%) libre de construcciones y actividades que modifiquen el ecosistema de duna y vegetación costera.

Análisis General Ramsar. El proyecto VELAMAR reconoce la designación del Sitio Ramsar No. 2468 'Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán', que incluye el municipio de Ixil. Sin embargo, el predio se ubica en la isla de barrera, no en los ecosistemas de manglar, ciénaga ni humedal que constituyen el objeto de protección del Sitio Ramsar. La plena observancia de los 22 criterios del POETCY

(instrumento de ordenamiento específico para la isla de barrera), la designación de una zona de conservación de 26.54%, y las medidas de tratamiento de aguas residuales garantizan que el proyecto no afecta las características ecológicas del humedal de importancia internacional y es congruente con el principio de 'uso racional' de la Convención Ramsar.

III.3.1.8 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) – SE-49

El programa de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) surgió como iniciativa conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves (CIPAMEX) y BirdLife International, con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA). En México se identificaron y delimitaron 230 AICAS mediante talleres regionales de expertos (1996-1999), cuya información fue sistematizada por la CONABIO a escala 1:250,000. Las AICAS son instrumentos de la política ambiental de referencia obligada para la evaluación de proyectos con potencial afectación a la avifauna (Art. 19, Art. 45 fraccs. II y III, y Art. 46 LGEEPA; Ley General de Vida Silvestre).

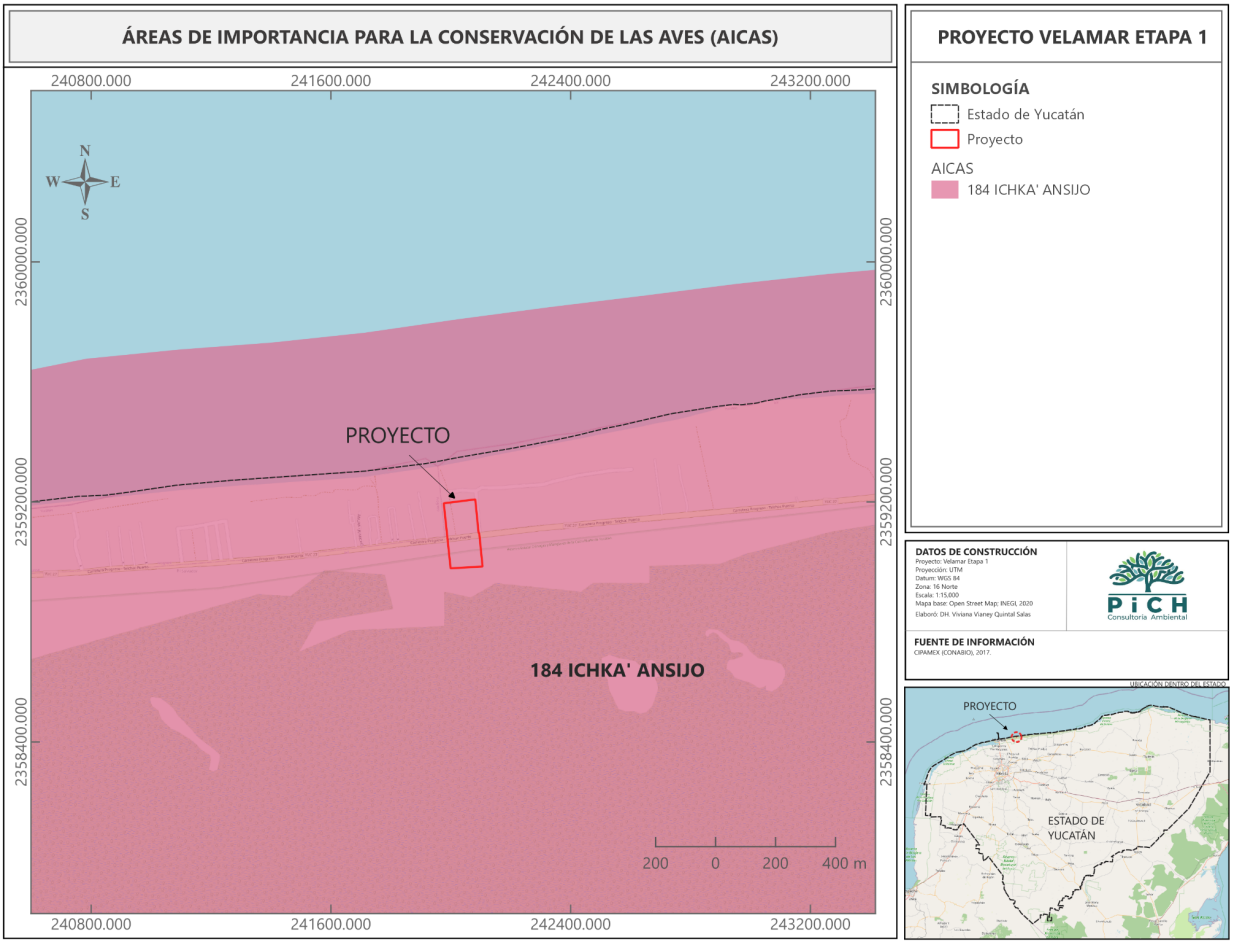

Figura III.8 Ubicación del proyecto de acuerdo con las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

AICA SE-49 — Humedales Costeros del Norte de la Península de Yucatán. El proyecto VELAMAR se ubica dentro del AICA con clave SE-49, denominada 'Humedales Costeros del Norte de la Península de Yucatán'. Esta AICA cubre un cinturón de hábitats a lo largo de toda la costa del Estado de Yucatán y norte de Campeche, en una banda de aproximadamente 5 km a partir de la costa (con variaciones locales de 1 a 20 km). Está vinculada con la Región Prioritaria para la Conservación de México (RPCM) Dzilám-Ría Lagartos-Yum Balam y con Los Petenes-Ría Celestún. El AICA SE-49 alcanza la Categoría Global G-2 (área que alberga especies globalmente amenazadas). En ella se registran aproximadamente 340 especies de aves. Su caracterización ecosistémica incluye: lagunas costeras elongadas separadas del mar por islas barrera (hábitat donde se ubica el proyecto), blanquizales (lagos calizos salinos), petenes (afloramientos de agua dulce en matrix salobre), vegetación de dunas costeras y asociaciones de manglares. Las especies clave son: la matraca yucateca

(Campylorhynchus yucatanicus, endémica y en peligro de extinción, categoría G-2 y G-3); el colibrí tijereta (Doricha eliza, endémica, categoría G-2); el flamenco americano (Phoenicopterus ruber, categorías G-2 y G-4-A); aves playeras (Scolopacidae, Charadriidae) y patos migratorios en grandes concentraciones (G-4-A); y diversas especies bajo protección mexicana: jabirú (Jabiru mycteria), cigüeña americana (Mycteria americana), garza rojiza (Egretta rufescens), halcón peregrino (Falco rufigularis) y golondrina marina menor (Sterna antillarum).

VINCULACIÓN AICA SE-49 – PROYECTO VELAMAR

Tabla III.9. Vinculación del proyecto con los criterios del AICA SE-49

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
Categoría G-2 (especie globalmente amenazada): la matraca yucateca (Campylorhynchus yucatanicus) es un ave endémica de México de hábitat restringido a vegetación costera densa (matorral espinoso y manglar) de la Península de Yucatán. La CONABIO la reporta en peligro de extinción en la ficha SE-49.	El proyecto no elimina matorral costero en el área de conservación (6,246.16 m²). La zona de conservación (26.54%) preserva la cobertura de vegetación costera utilizada por esta especie. Se limita el desbroce de vegetación a las áreas estrictamente necesarias para las vialidades (2,419.56 m²) y los lotes, conforme al POETCY. No se utiliza iluminación artificial que perturbe la vegetación costera.
Categoría G-2 (especie globalmente amenazada): el colibrí tijereta (Doricha eliza) es endémico de la costa norte de la Península de Yucatán y su hábitat principal son las flores de las plantas de duna y matorral costero.	La zona de conservación preserva las plantas nectaríferas de duna y matorral que constituyen el hábitat forrajero del colibrí tijereta. La restricción de destrucción de vegetación rastrera y de matorral (Criterio 19 POETCY) garantiza la permanencia del hábitat de esta especie endémica.
Categoría G-4-A (concentraciones de aves acuáticas): el flamenco americano (Phoenicopterus ruber) se mueve desde sus sitios de anidación en Ría Lagartos hacia los blanquizales y lagunas costeras de toda la franja norte de Yucatán como zonas de alimentación, utilizando la franja costera del AICA SE-49.	El proyecto no afecta blanquizales, lagunas costeras ni zonas de alimentación del flamenco. La zona de conservación y las restricciones del POETCY (no nivelar la primera duna, respetar vegetación costera) mantienen la funcionalidad del corredor costero utilizado por esta especie.
Categoría G-4-A (concentraciones de aves playeras y patos migratorios): el AICA SE-49 es un área clave para la migración y el invernado de aves playeras (Scolopacidae, Charadriidae) y patos (Anatidae) que utilizan las playas y humedales de la costa norte de Yucatán.	El proyecto se desarrolla en un pequeño predio de 2.35 ha sobre la barra arenosa. La zona de conservación (26.54%) y la restricción de iluminación hacia la playa (Criterio 57 POETCY) minimizan la perturbación a las aves playeras migratorias durante sus descansos en la costa.
Criterio MEX-1 (especies bajo protección mexicana NOM-059): el AICA SE-49	El proyecto no interfiere con los hábitats prioritarios (marismas, ciénagas, lagunas

CRITERIO	CUMPLIMIENTO
alberga poblaciones de jabirú (Jabiru mycteria), cigüeña americana (Mycteria americana), garza rojiza (Egretta rufescens), halcón de las palmas (Falco rufigularis) y golondrina marina menor (Sterna antillarum), todas bajo alguna categoría de protección en la NOM-059-SEMARNAT.	costeras) de estas especies. La zona de conservación mantiene la vegetación costera que sirve de soporte a la cadena trófica de la que dependen estas aves. El Programa de Vigilancia Ambiental contempla el registro de avistamientos de estas especies durante la construcción.

Análisis General AICAS. El proyecto VELAMAR se ubica dentro del AICA SE-49 'Humedales Costeros del Norte de la Península de Yucatán', que alberga aproximadamente 340 especies de aves, incluidas especies globalmente amenazadas y endémicas de la Península de Yucatán. El proyecto, al localizarse en la isla de barrera y no en los humedales, lagunas o blanquizales que concentran las poblaciones de aves clave del AICA, es compatible con la conservación de esta área prioritaria. La zona de conservación (26.54%), el respeto a la vegetación costera, la restricción de iluminación nocturna hacia la playa y el mar, y el cumplimiento integral del POETCY garantizan que el proyecto no compromete la función ecológica del AICA SE-49 ni afecta las especies de aves de importancia global que la CONABIO y CIPAMEX han identificado para esta región.

III.3.2 Planes y Programas de Desarrollo Urbano Estatales y Municipales

Actualmente el municipio donde se ubica el predio del proyecto no cuenta con un Plan de Desarrollo Urbano Municipal publicado en el Diario Oficial del Estado. En consecuencia, las disposiciones aplicables son las establecidas en los instrumentos de ordenamiento ecológico territorial vigentes (POETY 2023 y POETCY) y en los ordenamientos jurídicos estatales y federales analizados en el presente capítulo.

III.3 Decretos y Programas de Áreas Naturales Protegidas

Parte del predio del proyecto (una superficie de 6,246.16 m² que representan un 26.54% del total del predio) se encuentra dentro Área Natural Protegida Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán de competencia Estatal, el cual está destinado para el área de conservación, respetando la observancia del programa de manejo de Área Natural Protegida.

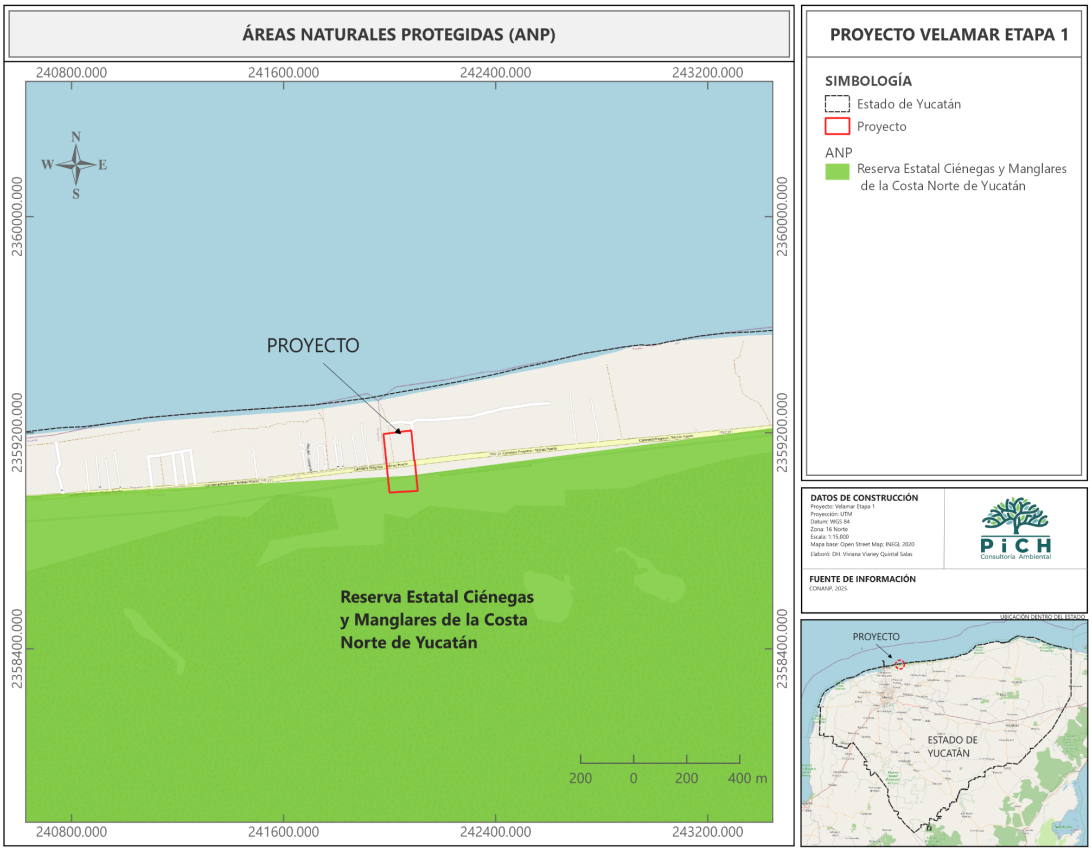

Figura III.9. Ubicación del proyecto con respecto a las Áreas Naturales Protegidas

Particularmente, la porción del predio que incide en esta ANP, se ubica en la Zona de Amortiguamiento y a su vez en la Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales (SZAS) [SZAS2, Uso Público). Estas áreas corresponden a la mayor cantidad de área de la reserva, 29,222.318 hectáreas, donde se incluyen todos los ecosistemas costeros. Aquellas superficies en las que los recursos naturales pueden ser aprovechados y en las que, por motivos de uso y conservación de sus ecosistemas a largo plazo, es necesario que todas las actividades productivas se efectúen bajo esquemas de aprovechamiento sustentable. Las actividades permitidas son: agroforestería, ganadería silvopastoril, ganadería tecnificada de bajo impacto, apicultura, aprovechamiento forestal y el establecimiento de UMA's. Como se mencionó previamente, el proyecto es compatible con estos usos, ya que la totalidad del área incidente será destinada a la conservación como parte del diseño del proyecto (una superficie de 6,246.16 m² que representan un 26.54% del total del predio).

III.4 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS NORMATIVOS APLICABLES

III.4.1 Leyes y Reglamentos

III.4.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

> Artículo 28, fracción IX. Requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental: Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros.

Análisis: El proyecto VELAMAR requiere de la autorización de la SEMARNAT en materia de impacto ambiental, toda vez que consiste en la lotificación de un predio en un ecosistema costero. Por ello se presenta la presente Manifestación de Impacto Ambiental.

> Artículo 35. Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, vinculando el proyecto con los ordenamientos urbanos, ecológicos y declaratorias de áreas naturales protegidas.

Análisis: A través de la presentación del presente documento ante la SEMARNAT se da cumplimiento a este artículo, vinculando el proyecto con el POETY 2023, el POETCY, el PND 2025-2030 y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

> Artículos 79, 98, 110, 117, 134, 136 y 151. Criterios de preservación de flora y fauna, suelo, atmósfera, agua y residuos.

Análisis: El proyecto cumple con los criterios de estos artículos mediante las medidas de mitigación ambiental descritas en el presente documento: conservación del 26.54 % del predio, sistema de tratamiento de aguas residuales DLD-14, manejo de residuos sólidos, control de emisiones vehiculares y rescate de flora y fauna.

III.4.1.2 Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental

> Artículo 5, fracción Q). Requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental los desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros: construcción y operación de hoteles, condominios, villas, desarrollos habitacionales y urbanos, instalaciones de comercio y servicios en general.

Análisis: El proyecto requiere de la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental. Se presenta la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular con la totalidad de la información requerida.

III.4.1.3 Reglamento de la LGEEPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera

> Artículos 13 y 28. Las emisiones de contaminantes a la atmósfera deben ser reducidas o controladas para asegurar una calidad del aire satisfactoria.

Análisis: Los vehículos y maquinaria involucrados en el proyecto contarán con mantenimiento preventivo periódico y verificación vehicular al día, garantizando que sus emisiones no rebasen los límites permisibles establecidos en la normatividad aplicable.

III.4.1.4 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

> Artículos 18, 19 y 54. Los residuos sólidos urbanos y de manejo especial serán clasificados. Los residuos peligrosos no serán mezclados con otros materiales.

Análisis: Los residuos sólidos urbanos serán subclasificados y enviados al sitio de disposición final autorizado. Los residuos de construcción (Art. 19, fracción VII) y los lodos del sistema de tratamiento (Art. 19, fracción V) serán manejados conforme a los procedimientos establecidos. En caso de generarse residuos peligrosos, serán almacenados temporalmente y dispuestos por una empresa autorizada.

III.4.1.5 Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento

> Artículos 16, 20, 21 y 25. El aprovechamiento de aguas nacionales se realizará mediante concesión. Las aguas residuales deberán tratarse antes de su descarga.

Análisis: El abastecimiento de agua durante la operación será mediante pipas de agua potable del organismo municipal prestador del servicio. Las aguas residuales serán tratadas mediante el sistema DLD-14, cumpliendo con la NOM-001-SEMARNAT-2021.

III.4.1.6 Ley General de Vida Silvestre

> Artículos 4, 18, 30, 63 y 106. Conservación del hábitat natural de la vida silvestre, prohibición de actos de crueldad contra la fauna y obligación de reparar daños.

Análisis: El proyecto contempla el establecimiento de un área de conservación de 6,246.16 m² donde se realizarán acciones de reforestación con especies nativas para favorecer la movilidad libre de la fauna silvestre. Se realizará el ahuyentamiento de fauna previo al desmonte.

III.4.1.7 Ley de Protección al Medio Ambiente del Estado de Yucatán y su Reglamento

> Artículos 95, 102, 105, 107 y 111. Emisiones contaminantes, verificación vehicular, prohibición de quemas a cielo abierto y tratamiento de aguas residuales.

Análisis: Todos los vehículos automotores relacionados con el proyecto contarán con verificación vehicular al día. No se realizarán quemas a cielo abierto. Las aguas residuales serán tratadas mediante el sistema biodigestor DLD-14, cumpliendo con la normatividad aplicable antes de su infiltración al suelo.

III.4.2 Normas Oficiales Mexicanas

III.4.2.1 En Materia de Residuos Peligrosos

• NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características de los Residuos Peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un Residuo Peligroso por su toxicidad al Ambiente.

• NOM-054-SEMARNAT-1993. Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.

Análisis: Los residuos peligrosos que pudieran generarse durante las actividades de construcción serán identificados, controlados y manejados conforme a estas normas y las disposiciones del Reglamento de la LGPGIR.

III.4.2.2 En Materia de Aguas Residuales

• NOM-001-SEMARNAT-2021. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

• NOM-003-SEMARNAT-1997. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público.

Análisis: Durante la etapa de preparación del sitio y construcción se emplearán letrinas portátiles. En la etapa de operación, las aguas residuales serán tratadas mediante el sistema DLD-14 con tratamiento terciario de cloración, cumpliendo con la NOM-001-SEMARNAT-2021.

III.4.2.3 En Materia de Emisiones a la Atmósfera

• NOM-041-SEMARNAT-2006. Límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores que usan gasolina.

• NOM-045-SEMARNAT-2006. Niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores que usan diesel.

Análisis: Los vehículos utilizados en obra contarán con verificación vehicular vigente. La maquinaria pesada contará con mantenimiento periódico para controlar sus emisiones.

III.4.2.4 En Materia de Ruido

• NOM-080-SEMARNAT-1994. Límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de vehículos automotores y motocicletas.

• NOM-081-SEMARNAT-1994. Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición (68 dB(A) de 6:00 a 22:00 hrs; 65 dB(A) de 22:00 a 6:00 hrs).

Análisis: Los vehículos y equipos serán sometidos a mantenimiento periódico para minimizar la generación de ruido. Los trabajos se realizarán en horario matutino dentro de los límites permisibles.

III.4.2.5 En Materia de Recursos Naturales

• NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo.

Análisis: Durante los muestreos realizados en el predio del proyecto, se encontraron especies inmersas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, las cuales son descritas en el Capítulo IV del presente estudio. No obstante, como medida preventiva, se realizará el rescate de toda la flora nativa presente en las zonas sujetas a desmonte para su reubicación en las áreas de conservación y áreas verdes del proyecto, dando prioridad al rescate del 100% de los individuos de esta especie. En relación con la fauna, se detectó la presencia de la iguana rayada espinosa (*Ctenosaura similis*), catalogada como Amenazada en esta norma. Para su protección, se rescatarán y reubicarán todos los individuos que se encuentren de esta especie al momento de la preparación del sitio y construcción del proyecto. Sin embargo, como medida preventiva, se realizará el rescate de toda la fauna silvestre presente en las zonas sujetas a desmonte para su reubicación en las áreas de conservación y áreas verdes del proyecto.

CONTENIDO

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL... 3
IV.1. Delimitación del área de estudio 3
IV.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental 5
IV.2.1. Aspectos abióticos 5
A) Clima 5
B) Geología y geomorfología 9
C) Suelos 11
D) Hidrología 13
IV.2.2. Aspectos bióticos 16
A) Vegetación terrestre 16
B) Fauna terrestre 33
IV.2.3. Paisaje 42
IV.2.4. Aspectos socioeconómicos 44
IV.2.5. Diagnóstico ambiental 47

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

IV.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de influencia comprende el ámbito espacial donde se manifiestan los impactos ambientales a producirse como consecuencia de la ejecución de las actividades en el proyecto "VELAMAR ETAPA 1". Para poder determinar un área elemental que pueda ser evaluada, se realizó un análisis de las condiciones abióticas y bióticas (aspecto ecológico) del Sistema Ambiental (SA) de estudio en el cual se encuentra inmerso el proyecto.

El aspecto ecológico del ambiente se circunscribe a la flora, fauna, agua, suelo y aire; siendo solo una parte del ambiente, por lo que debe tenerse especial atención en tomar en cuenta la totalidad de los impactos. Ante esta situación se describirá y analizará de manera integral el SA de estudio en el que se encuentra el proyecto.

En primera instancia, se delimitó el SA sobre la base de una serie de criterios técnicos normativos y de planeación, con los siguientes atributos:

- Dimensiones del proyecto
- Ubicación (Ixil, Municipio de Ixil, Yucatán)
- Unidades de gestión ambiental (POETY)
- Áreas Naturales Protegidas
- Unidades climáticas
- Unidades edafológicas
- Sistema de topoformas
- Hidrología superficial
- Uso de suelo y vegetación

Una vez determinados técnicamente los atributos para la delimitación del SA, se sobrepusieron todas las capas temáticas en el programa ArcGIS utilizando la

información de capas obtenidas del portal del INEGI, con el objetivo de determinar en base a los criterios anteriormente enlistados y los recorridos de campo, las áreas y temas que deben quedar incluidas y excluidas para la delimitación del SA.

IV.2. DELIMITACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL

Las afectaciones directas están dentro del área de construcción y en los límites inmediatos a esta. Es importante mencionar que las afectaciones directas involucran de cierta forma más de 500 metros a los alrededores del predio, debido a que durante la construcción del proyecto habrá maquinaria cuyas afectaciones rebasarán más allá de los límites directos. Habrá otros impactos que tendrán mayor alcance debido al movimiento de vehículos y personal que labore durante las primeras etapas del proyecto.

El Sistema Ambiental del proyecto Velamar Etapa 1 se delimita en las UGAs IXI01-BAR_AP1-R y IXI02-MAN_ANP del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY) (Figura 1), lo que es congruente con los criterios expuestos en la sección anterior y es adecuado porque estas unidades constituyen áreas homogéneas en cuanto a sus características biofísicas y sociodemográficas.

En términos generales, el SA en donde se encuentra inmerso el proyecto se encuentra en un nivel bajo-medio en cuanto a calidad ambiental. La afectación directa es a causa del hombre debido al incremento de la urbanización y ocupación en la zona costera. Actualmente el proyecto ocupa una vegetación secundaria derivada de Duna Costera en diferentes grados de sucesión y recuperación. El tipo de suelo a afectar por el proyecto dentro del SA es el Gleysol; el terreno es prácticamente plano y sin hidrología superficial presente.

Una vez visto lo anterior, se indica que la línea cero del SA tiene una calidad ambiental de categoría baja-mediana. A continuación, se presentan los diferentes componentes del medio abiótico, biótico y socioeconómico del SA.

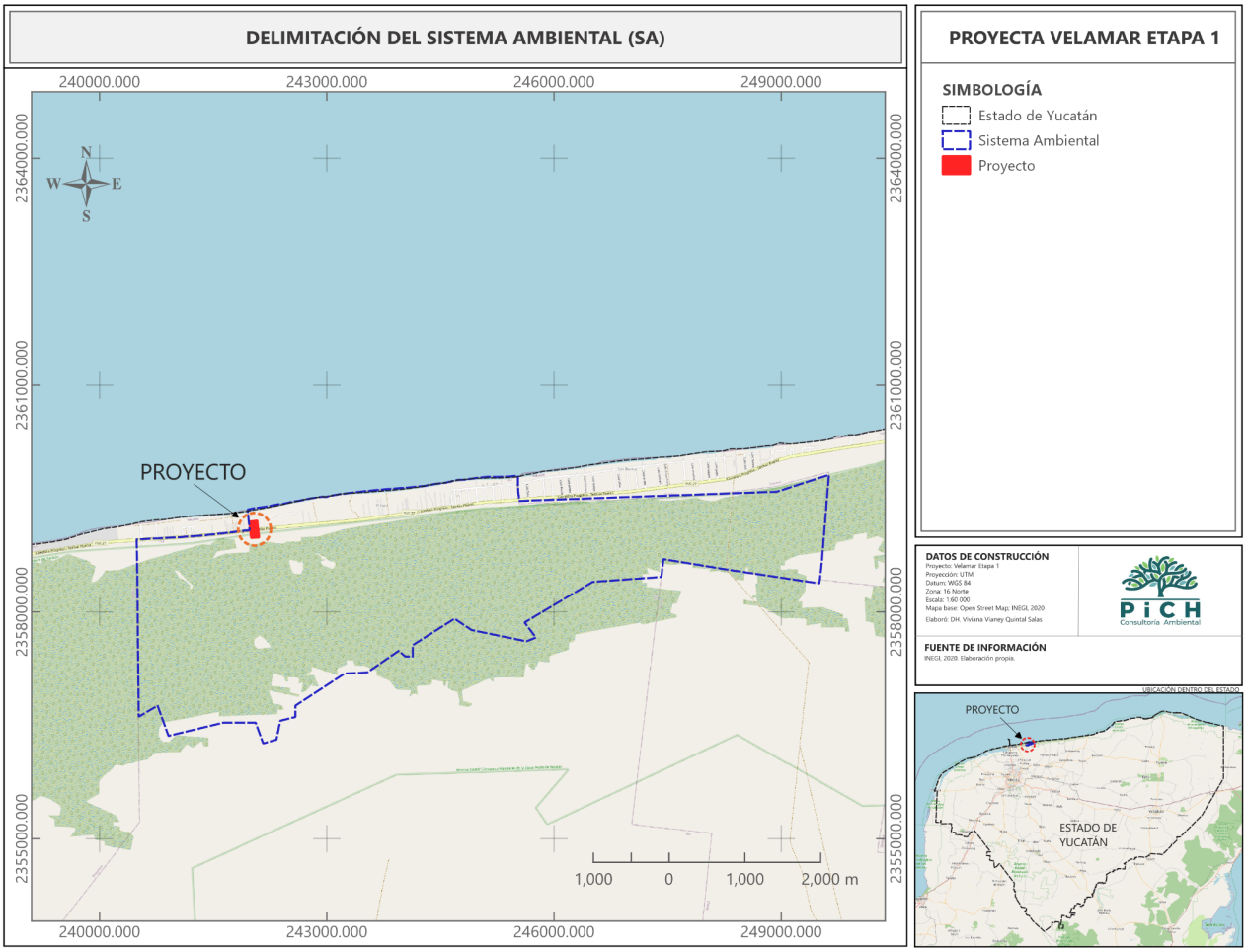

Figura IV.1. Delimitación del sistema ambiental del proyecto VELAMAR ETAPA 1.

Tabla IV.1. Zonas de afectación del proyecto VELAMAR ETAPA 1.

Zona de afectación	Descripción
Ruido (1,000 m)	Mayor desplazamiento y reducción de áreas de actividad faunística; bajo éxito reproductivo asociado a interferencias en la comunicación durante época reproductiva.
Ruido y visual (500 m)	Impacto por iluminación artificial nocturna de vehículos en maniobra; algunos animales se alejan de las luces artificiales mientras que otros pueden ser atraídos.
Afectación física (100 m)	Estructuras temporales, basura de obra (cascajo, llantas, latas) pueden favorecer a roedores, insectos y lagartijas, atrayendo fauna secundaria.

Zona de afectación	Descripción
Afectación biológica (40 m)	Residuos arrojados desde vehículos y tiraderos clandestinos pueden generar fauna nociva e incremento de fauna atropellada.
Afectación por obras (20 m)	Actividades directas de construcción afectan al ambiente; se puede reducir con adecuada supervisión ambiental.

Con estos criterios, se delimitaron las áreas de influencia como se muestra el la figura 2.

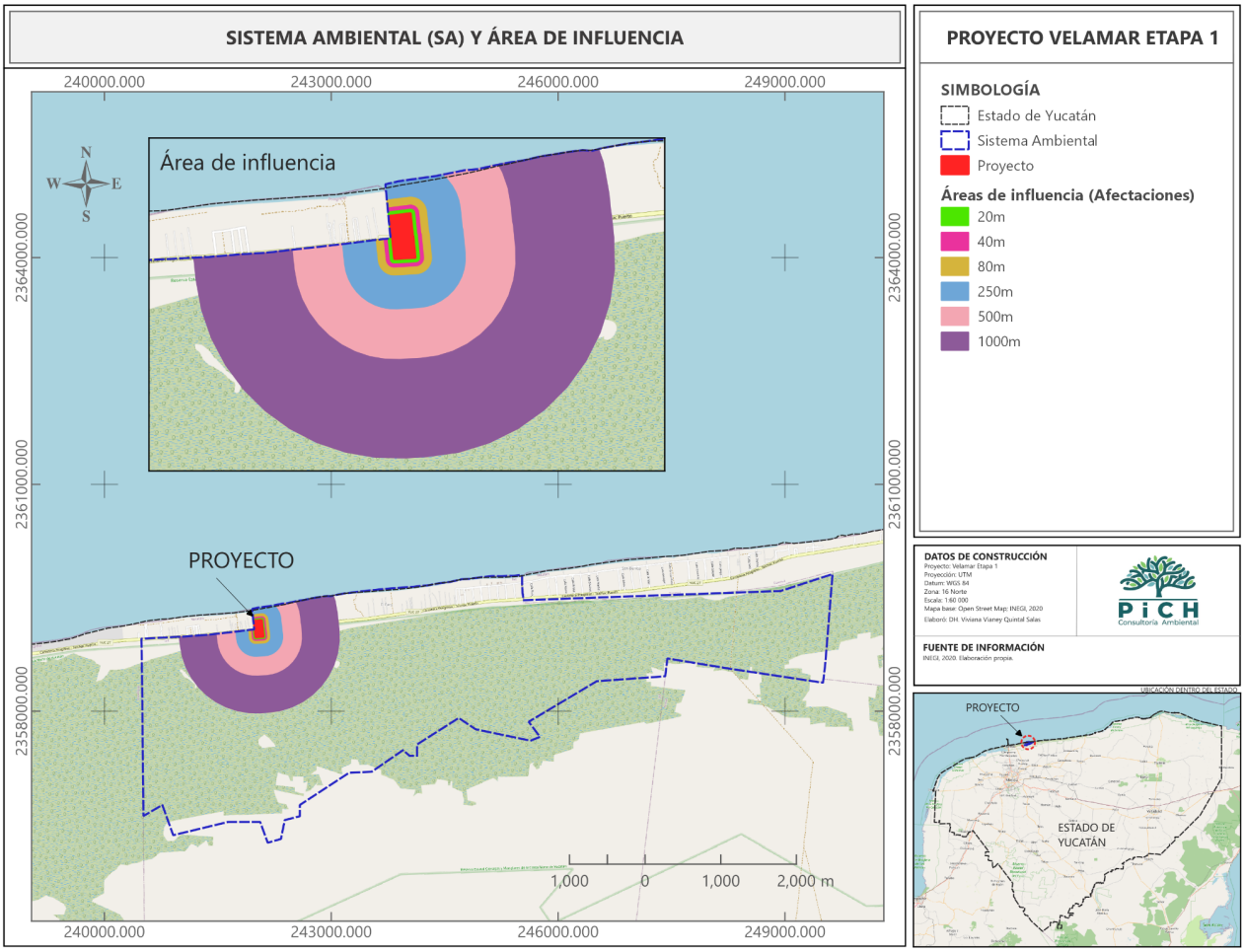

Figura IV.2. Delimitación de las áreas de influencia del proyecto VELAMAR ETAPA 1.

IV.2. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL

IV.2.1. ASPECTOS ABIÓTICOS

A) CLIMA

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1988), el clima identificado para la zona donde se ubica el proyecto VELAMAR ETAPA 1 se clasifica con el tipo BS0(h')w(x'). Este clima se distingue por ser el más seco (o menos húmedo) de los climas cálido-subhúmedos con lluvias en verano. La temperatura media anual varía entre 24.5 y 27°C, mientras que la temperatura media del mes más frío no desciende por debajo de los 20.5°C. En relación con la precipitación, se aprecia una amplia variación entre 838 y 1,128 mm, con un porcentaje de lluvia invernal menor de 10.2% pero siempre mayor de 6%. Por lo regular el mes más lluvioso es septiembre, cuyo monto es consistentemente 10 veces mayor que el del mes más seco.

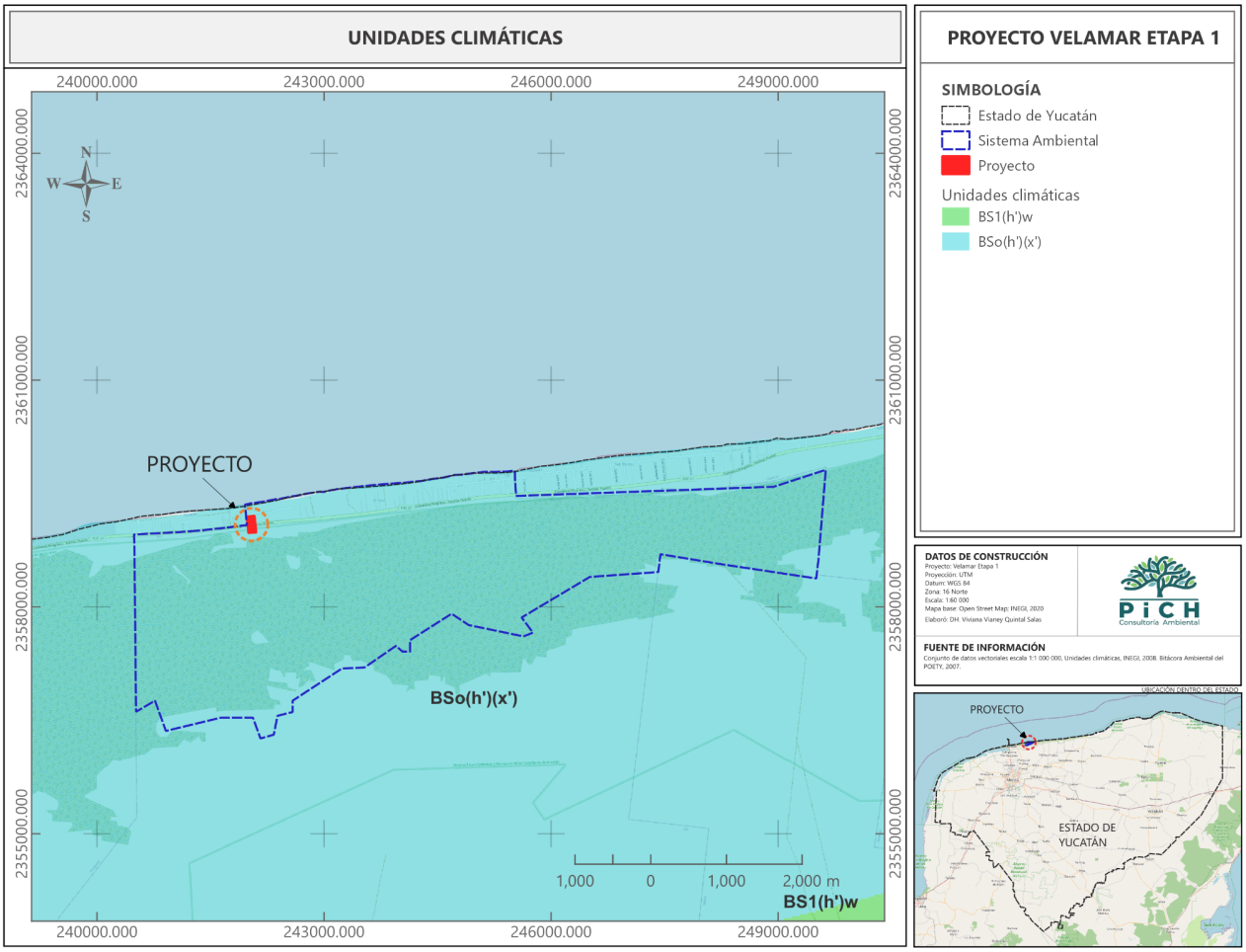

Figura IV.3. Tipo de clima en el SA (CONABIO).

Temperatura

La estación meteorológica más cercana al Proyecto es la 00031031 TELCHAC PUERTO, ubicada a una distancia aproximada de 8 km, en el Municipio de Progreso, con coordenadas de latitud: 21°20'16" N y longitud de 89°15'57" O, con una altitud de 2 msnm.

De acuerdo con la Base de Datos Climatológica Nacional de la CONAGUA (2024), la estación meteorológica 00031031 TELCHAC PUERTO en el periodo 1991-2020 presenta los siguientes datos climáticos para el área de estudio:

Tabla IV.2. Temperatura y precipitación media histórica (Estación 00031031, Telchac Puerto, 1991-2020).

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Máx (°C)	28.8	29.7	31.5	33.3	34.6	34.1	33.2	33.3	33.3	31.9	30.7	29.5	32.0
T. Media (°C)	23.7	24.3	25.6	27.2	28.7	28.6	28.1	28.2	28.1	27.2	25.8	24.6	26.7
T. Mín (°C)	18.6	18.9	19.8	21.0	22.7	23.1	23.0	23.1	22.9	22.5	20.8	19.6	21.3
Precip. (mm)	21.2	18.6	15.9	36.8	41.5	66.6	55.4	91.8	128.5	63.1	34.2	26.8	600.4

De acuerdo con la estación meteorológica, la temperatura media anual es de 26.7°C, con temperatura máxima anual de 32.0°C y temperatura mínima anual de 21.3°C. La estación de lluvias abarca de mayo a noviembre y la época de secas de diciembre a mayo. La precipitación media anual histórica es de 600.4 mm, con máximo en septiembre (128.5 mm) y mínimo en marzo (15.9 mm).

Evaporación y evapotranspiración

De acuerdo con cálculos de la Evapotranspiración Potencial (ETP) del área de estudio mediante el Método de Thornthwaite, tomando en cuenta los registros históricos de la Estación Meteorológica 00031031 TELCHAC PUERTO, se tiene un valor de ETP de 136.60 mm. El Balance Hídrico indica que bajo condiciones de intensa evaporación, es muy difícil que la escasa precipitación encuentre condiciones propicias para infiltrarse durante los meses de estiaje. Sin embargo, durante los meses de junio a noviembre la precipitación pluvial incrementa significativamente.

Vientos e intemperismos severos

Tabla IV.3. Principales fenómenos hidrometeorológicos que afectan al municipio de Ixil, Yucatán.

Fenómeno natural	Descripción
Huracanes	Durante el verano, en los mares tropicales del Caribe y Golfo de México se generan fenómenos ocasionados por inestabilidades de baja presión. Las tormentas tropicales y huracanes se desplazan en el hemisferio norte en sentido antihorario con trayectoria de este a oeste.

Fenómeno natural	Descripción
	Dependiendo del sitio en que se originen pueden llegar a tocar tierra y ocasionar daños de diferente magnitud.
Nortes	Los frentes fríos denominados "nortes" llegan a Yucatán a través del Golfo de México. Las masas de viento continental se forman en latitudes altas de Norteamérica y son arrastradas por las corrientes de chorro que corren de oeste a este desde el Océano Pacífico.
Inundaciones	El municipio de Ixil es propenso a inundaciones temporales debidas a eventos climáticos extremos como huracanes; la topografía plana y la presencia de Gleysoles favorecen la retención de agua.
Sequía intraestival (canícula)	La disminución de lluvia durante el periodo lluvioso puede durar uno a tres meses; es ocasionada por interferencias de vaguadas polares sobre los vientos alisios que disminuyen su fuerza.

B) GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El estado de Yucatán, al igual que todo el territorio peninsular, se caracteriza por la uniformidad que presenta el sustrato geológico. Destaca el origen sedimentario marino de roca principalmente organogénica, constituida químicamente por carbonatos de calcio ($CaCO_3$) en alta proporción, bajo la forma mineral de calcita y en menor medida dolomita o aragonita. El sustrato geológico del estado de Yucatán muestra tres agrupaciones superficiales principales con relación a su edad, correspondientes a los períodos del Terciario (Cenozoico) y Cuaternario (Duch, 1988). El área de estudio se encuentra en una zona perteneciente al periodo Cuaternario.

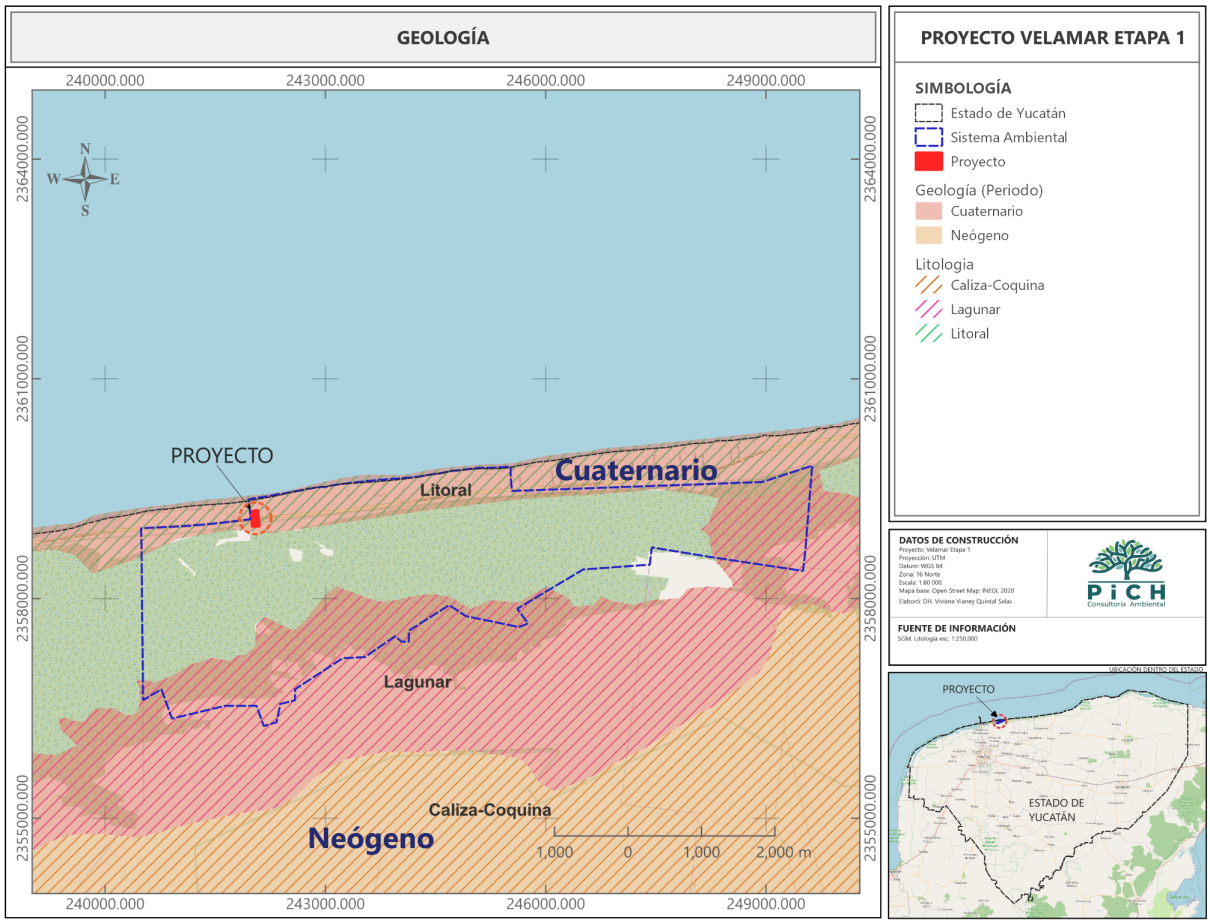

Figura IV.4. Ubicación del predio con respecto a la geología del estado de Yucatán.

Con base en sus características geomorfológicas, el territorio mexicano se divide en 15 provincias fisiográficas. El estado de Yucatán pertenece a la provincia fisiográfica denominada "Península de Yucatán", formada por una plataforma calcárea de origen marino que empezó a emerger hace aproximadamente 26 millones de años. El sistema de topoformas en donde se ubica el predio de VELAMAR ETAPA 1 es de Llanura, con una planicie de plataforma nivelada (5-10 m) prácticamente plana con muy pocas ondulaciones (0-0.3 grados) karstificada.

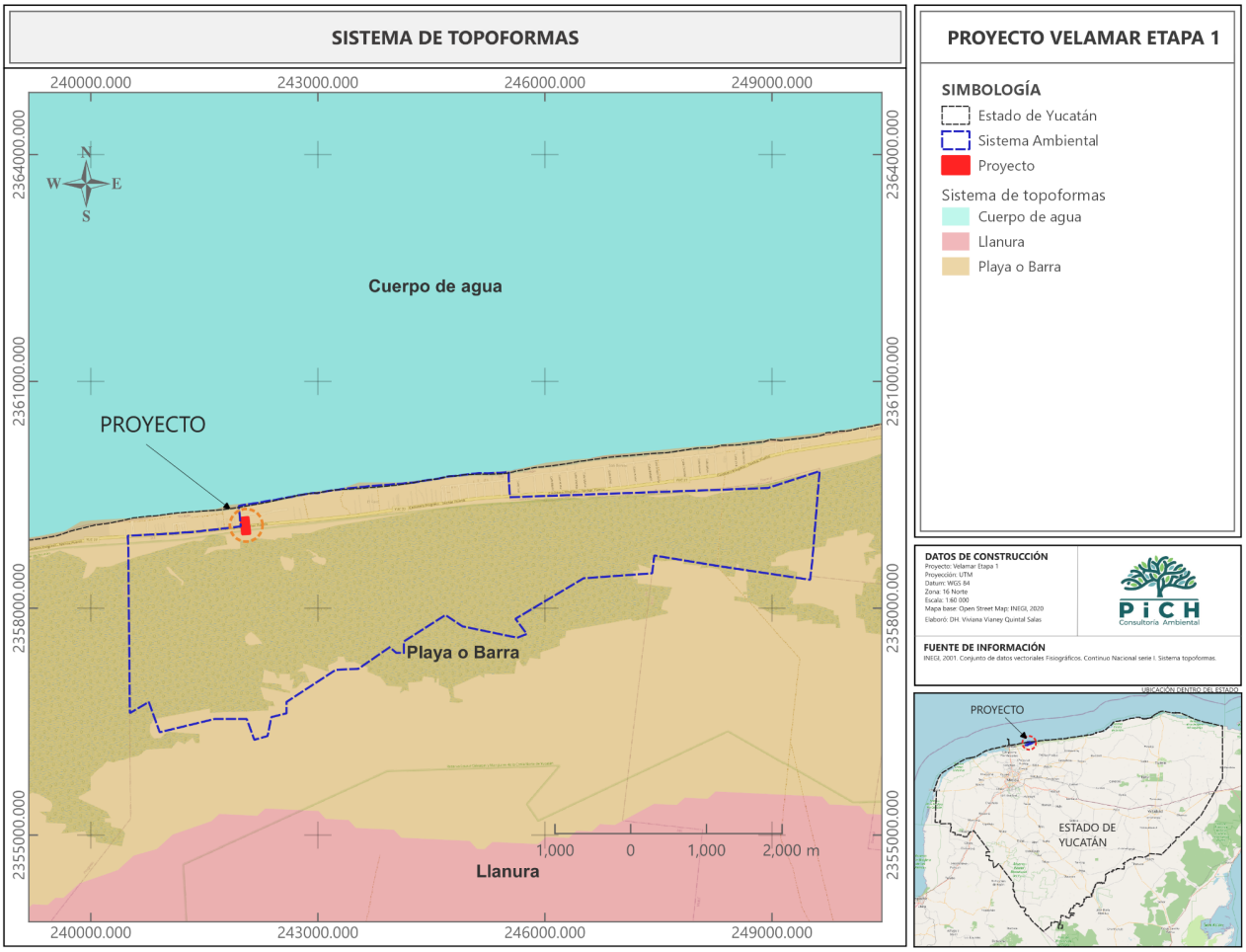

Figura IV.5. Ubicación del predio con respecto a la geomorfología del estado de Yucatán.

La subprovincia fisiográfica donde se ubica el área del proyecto es el Carso Yucateco, que ocupa aproximadamente el 88% del estado. Subterráneamente se integra una red cavernosa por donde fluyen corrientes de agua; el colapso de los techos de las cavernas ha formado numerosas depresiones conocidas regionalmente como "reholladas" o "sumideros" cuando no poseen agua, y "cenotes" cuando el agua es visible.

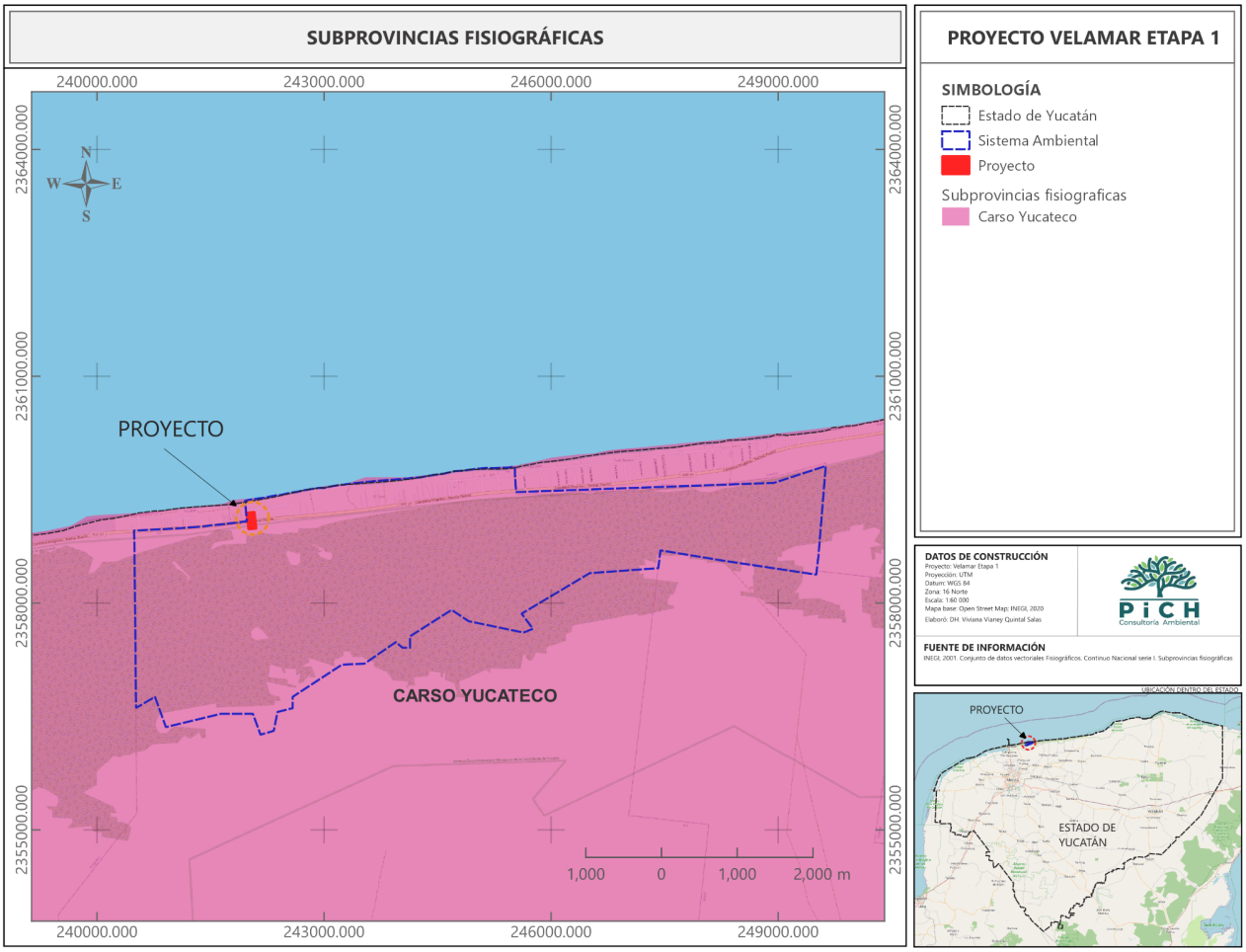

Figura IV.6. Ubicación del predio con respecto a las subprovincias fisiográficas del estado de Yucatán.

C) SUELOS

La península de Yucatán se distingue por su configuración relativamente plana, su escasa elevación sobre el nivel del mar y la ligera inclinación general de sus pendientes. Presenta una altura sobre el nivel del mar que varía entre 2 y 20 m y no presenta formaciones orográficas propiamente dichas. La topografía se caracteriza por ser sensiblemente plana en su macrorrelieve, con ligeras ondulaciones; en su microrrelieve se manifiestan pendientes que fluctúan entre el 5 y el 10%.

El terreno del Proyecto VELAMAR ETAPA 1, de acuerdo con la clasificación de la FAO/UNESCO adoptada por el INEGI, se caracteriza por ser básicamente de tipo Gleysol (GL).

Gleysol (GL): Son 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. También presentan manchas rojas en el periodo seco cuando los agregados son expuestos al aire y el hierro es oxidado. El encalado y el drenaje combinados son prácticas que aumentan la disponibilidad de nutrientes y carbono orgánico, así como disminuyen la toxicidad por aluminio en el suelo.

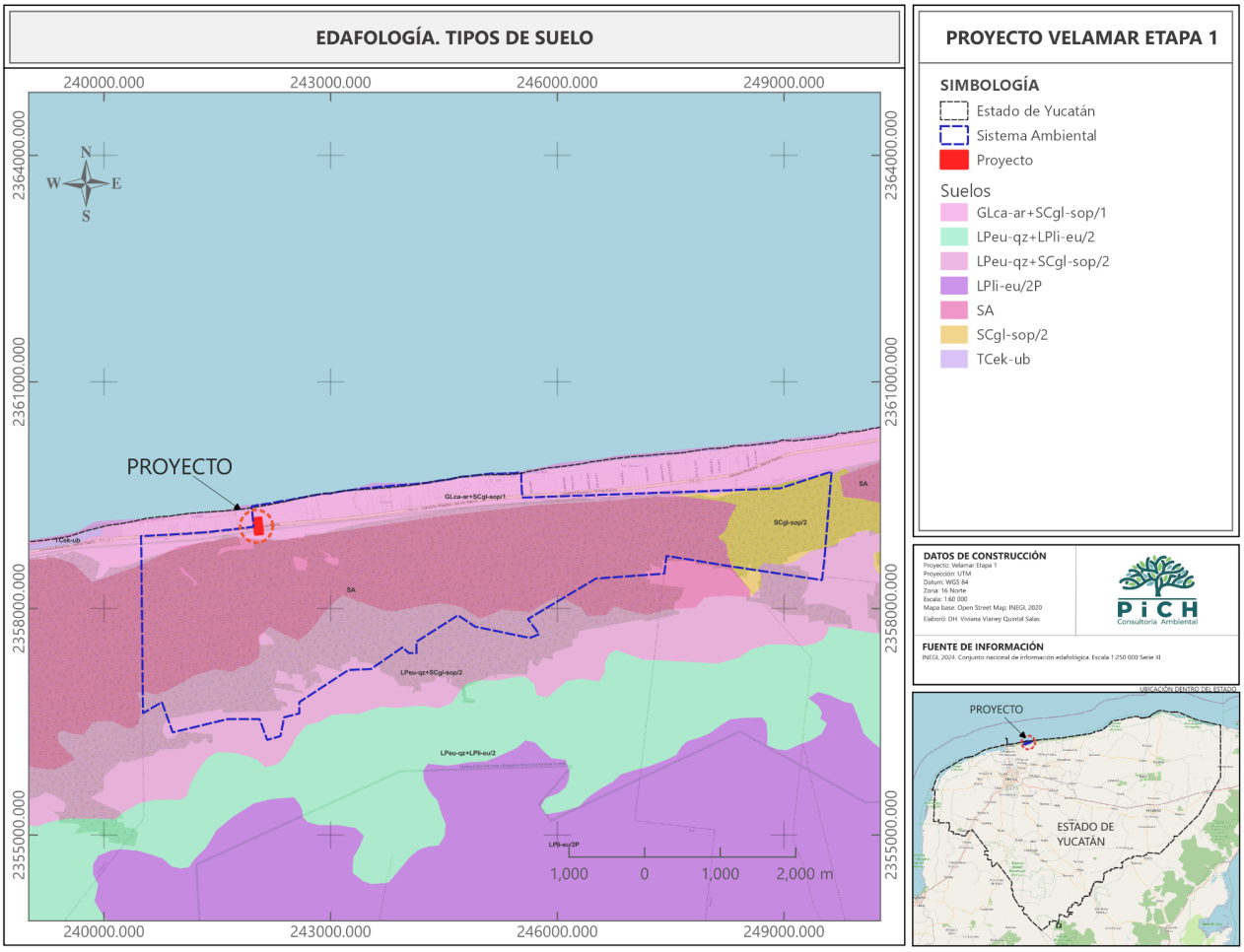

Figura IV.7. Ubicación del área de estudio con respecto a los tipos de suelo del estado de Yucatán.

D) HIDROLOGÍA

Hidrología superficial

El área de estudio queda comprendida dentro de la Región Hidrológica RH 32 Yucatán Norte, la cual limita al oeste y norte con el Golfo de México, al este con el Mar Caribe y al sur con la división que delimita la RH 31 y RH 33. La excesiva permeabilidad y la falta de desniveles orográficos impiden la formación de corrientes superficiales de importancia.

La ausencia de una red hidrográfica superficial no permite delimitar cuencas y subcuencas en esta Región Hidrológica, que abarca una superficie de 56,172 km^2. No existen embalses ni cuerpos de agua superficiales en el sitio de estudio.

En el territorio yucateco hay una ausencia total de corrientes superficiales de agua; sin embargo, están presentes cuerpos de agua superficiales como la Laguna de Flamingos y Laguna Rosada, así como los Esteros Celestún, Yucalpetén, Río Lagartos, El Islote y Yolvé. En la colindancia sur del predio se ubica una zona de ciénaga que forma parte del sistema costero.

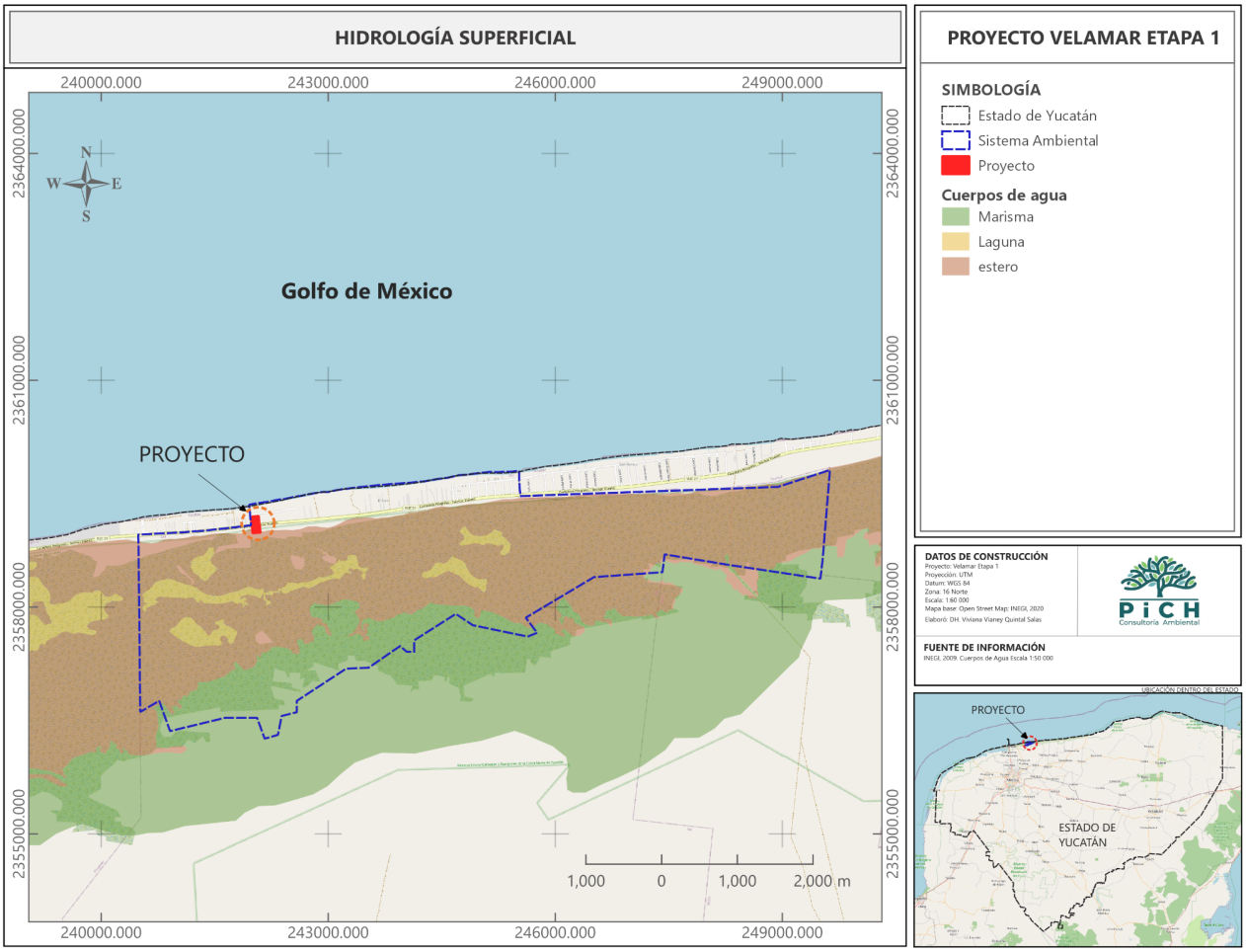

Figura IV.8. Ubicación del área de estudio con respecto a la hidrología superficial del estado de Yucatán.

Hidrología subterránea

La ausencia de escurrimientos superficiales en el estado de Yucatán se compensa con los abundantes depósitos de agua subterránea. El estado de Yucatán es famoso por la presencia de cenotes, que son acuíferos subterráneos expuestos formados por el hundimiento total o parcial de la bóveda calcárea.

De acuerdo al Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETY), a Yucatán le corresponden cuatro zonas geohidrológicas: 1) Zona costera, 2) Semicírculo de cenotes, 3) Planicie interior y 4) Cerros y valles. El sitio del proyecto se ubica en la zona geohidrológica "Zona Costera".

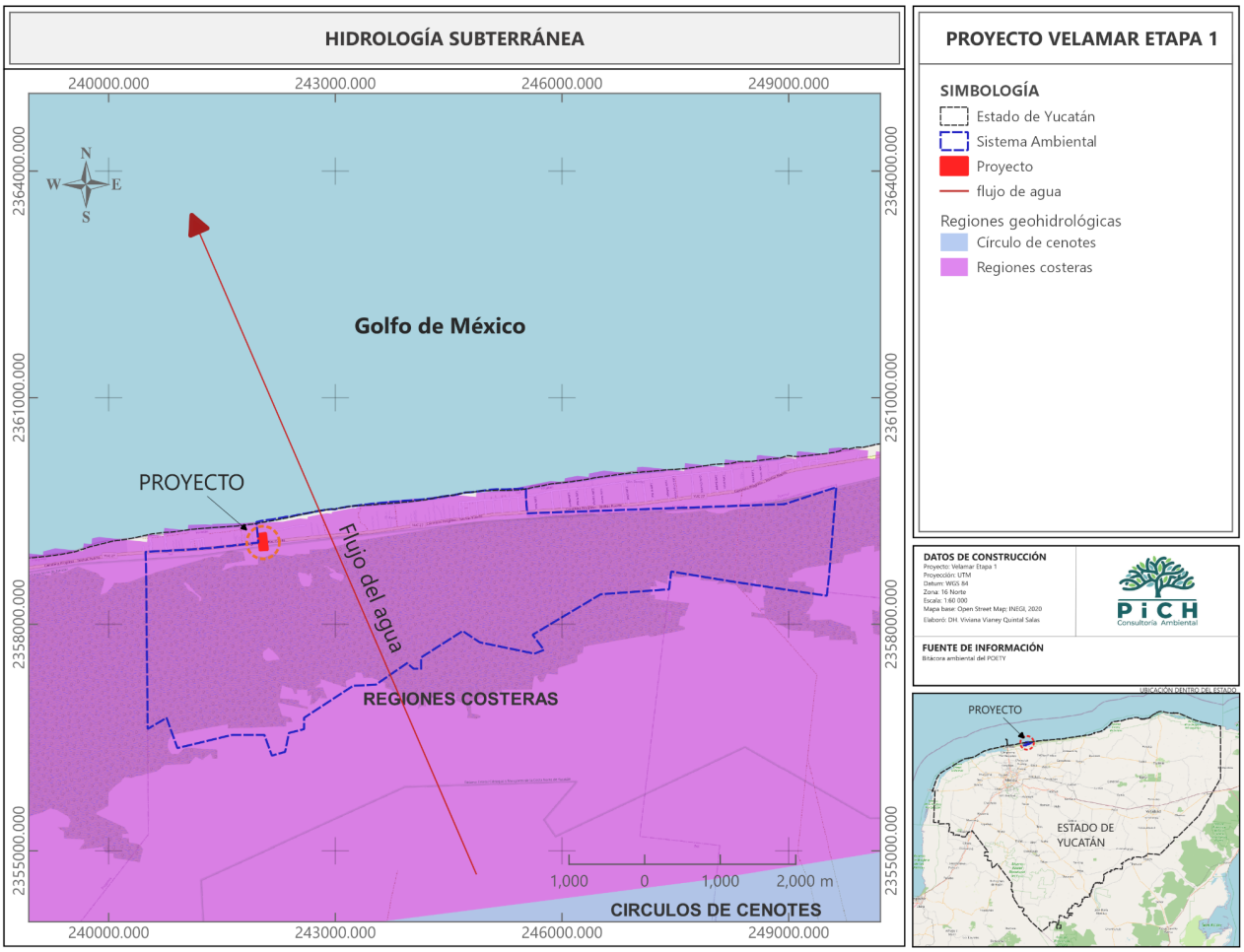

Figura IV.9. Ubicación del área de estudio con respecto a la hidrología subterránea del estado de Yucatán.

El manto freático en el área de estudio varía de profundidad, encontrándose de 1 a 3 m aproximadamente, dado que el predio se localiza en la franja costera. Es importante considerar que el nivel del manto freático sufre variaciones a lo largo del año en función de las precipitaciones pluviales. La dirección del flujo subterráneo es norte-noroeste, hacia la costa del Golfo de México.

Tabla IV.4. Parámetros de calidad del agua subterránea en municipios costeros cercanos al área del proyecto.

Parámetro	Valor	Norma (NOM-127-SSA1-1994)
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	0-10 (Aceptable)	≤ 2
Nitratos (mg/l)	2.57 - 25.00	≤ 10
Cloruros (mg/l)	52 - 200	≤ 250
Sodio (mg/l)	32 - 150	≤ 200
Dureza total (mg/l)	256 - 400	≤ 500
Cadmio (mg/l)	0 - 0.020	≤ 0.005

Durante la etapa de construcción del proyecto se contará con letrinas móviles. Durante la operación del desarrollo habitacional se instalará una planta de tratamiento de aguas residuales tipo SITAR DLD-14, que se encargará del tratamiento pertinente de las aguas residuales generadas. Adicionalmente se aplicarán procedimientos de manejo de residuos sólidos urbanos y residuos peligrosos para prevenir la contaminación del suelo y el agua de la zona.

IV.2.2. ASPECTOS BIÓTICOS

A) VEGETACIÓN TERRESTRE

La vegetación de la Península de Yucatán en su mayor extensión está cubierta por selvas de tipo caducifolio y subcaducifolio, mientras que las selvas perennifolias ocupan un área reducida. De acuerdo con la clasificación del INEGI (Carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie VII), la vegetación reportada para la zona en la cual se pretende establecer el proyecto VELAMAR ETAPA 1 es clasificada como Duna Costera (VU).

Dunas Costeras (VU): Comunidad vegetal que se establece a lo largo de las costas, caracterizada por plantas pequeñas y suculentas. Las especies que la forman juegan un papel importante como pioneras y fijadoras de arena, evitando que sean arrastradas por el viento y el oleaje. Algunas especies características son: nopal (*Opuntia dillenii*), riñonina (*Ipomoea pes-caprae*), (Croton spp.), verdolaga (*Sesuvium portulacastrum*), uvero (*Coccoloba uvifera*), palma chit (*Thrinax radiata*) y palma nakax (*Coccothrinax readii*).

Lo anterior fue confirmado durante los recorridos de campo realizados para el análisis biótico, que permitieron visualizar dentro del predio una vegetación secundaria de duna costera principalmente de tipo herbácea y arbustiva en estado de recuperación. El estado de conservación del predio es mediano; el incremento de desarrollos inmobiliarios similares en la zona ha ejercido presión antropogénica sobre la vegetación.

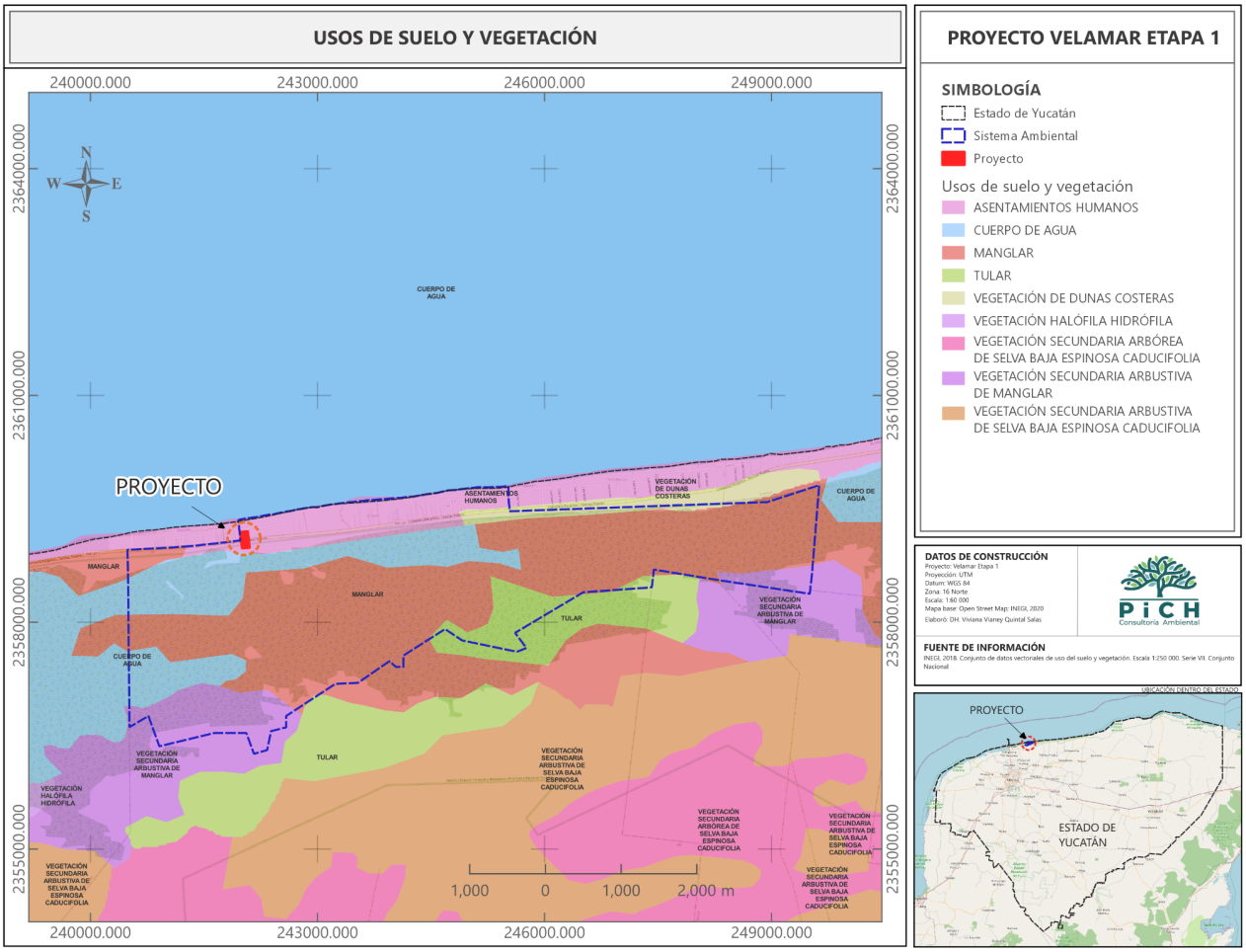

Figura IV.10. Vegetación potencial del área de estudio (Duna Costera, INEGI Serie VII).

- **Caracterización de la vegetación**

Para determinar la composición florística de la cuenca se realzaron el mismo tipo de muestreos en sitios cercanos al área del proyecto, debido a que la superficie de la cuenca es muy grande y con muchos ecosistemas, la comparación se realiza no con relación a la superficie del proyecto sino con la superficie de los sitios de muestreo, es importante destacar que se ubicaron sitios cercanos a caminos vecinales y veredas cercanos al predio del proyecto, ya que la mayoría de los predios cercanos pertenecen a propietarios particulares en el cual conseguir el permiso de acceso fue poco práctico.

Se muestrearon 7 sitios de forma cuadrada de 5 x 5 m, con una superficie de 25 m^2 cada uno. Para cada sitio se registraron todas las especies vegetales y su abundancia, llevando a cabo su identificación en campo, colectando únicamente las especies no reconocidas para ser identificadas en gabinete.

La ubicación de los sitios de muestreo se puede observar en la siguiente figura y tabla se registraron todas las especies posibles presentes en el área, y se clasificaron en tres estratos: Herbáceas, Arbustos y Arbóreas.

Se realizó una comparación de las especies identificadas con la lista de especies mencionadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

- **Ubicación de los puntos de muestreo**

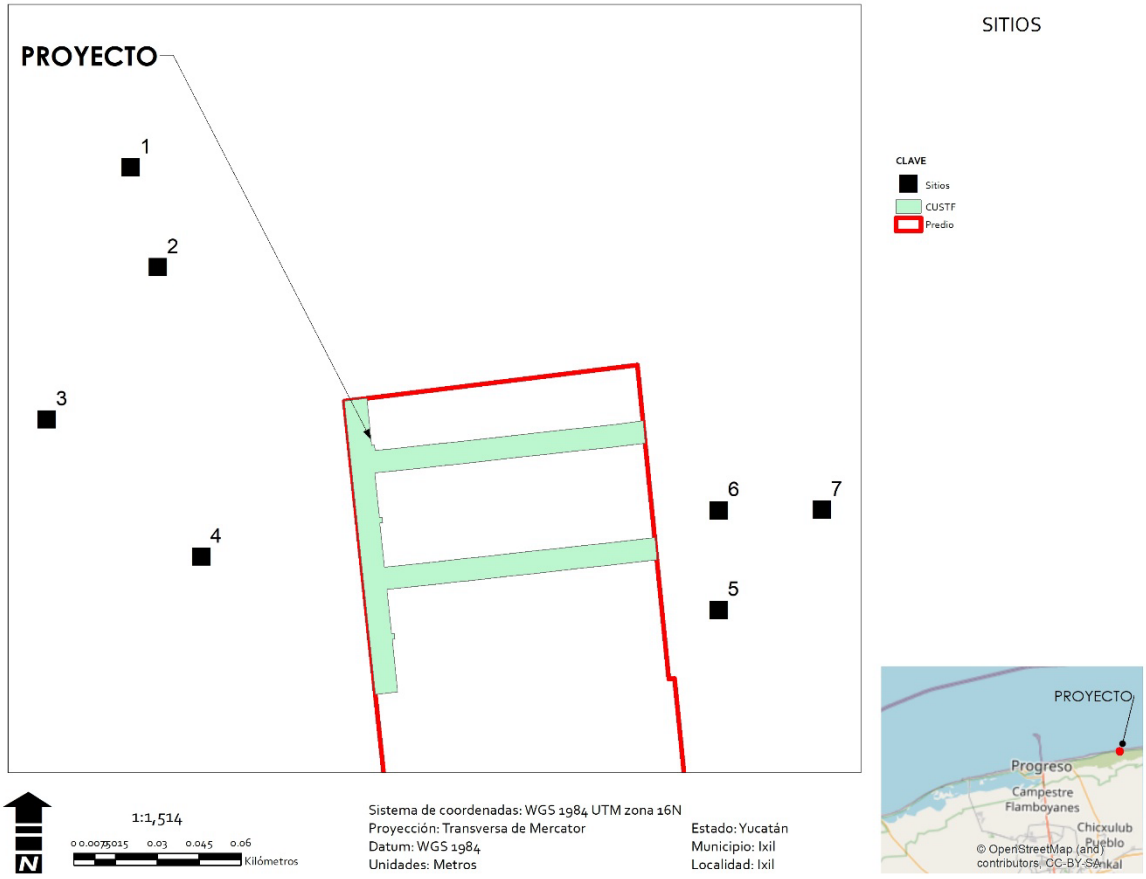

Figura IV.11.- Ubicación de los sitios de muestreo.

Tabla IV.5 Coordenadas de los cuadrantes (UTM, zona 16Q).

CUADRANTE	VÉRTICE	X	Y
1	1	242061.4974	2359179.8010
	2	242060.8629	2359184.7606
	3	242065.8225	2359185.3951
	4	242066.4570	2359180.4355

CUADRANTE	VÉRTICE	X	Y
	1	242061.4974	2359179.8010
2	1	242021.8268	2359175.0343
	2	242021.3795	2359180.0143
	3	242026.3595	2359180.4616
	4	242026.8068	2359175.4816
	1	242021.8268	2359175.0343
3	1	241982.1366	2359170.5064
	2	241981.5031	2359175.4661
	3	241986.4628	2359176.0995
	4	241987.0963	2359171.1398
	1	241982.1366	2359170.5064
4	1	241983.7008	2359141.3233
	2	241983.2235	2359146.3005
	3	241988.2006	2359146.7778
	4	241988.6780	2359141.8007
	1	241983.7008	2359141.3233
5	1	242026.2062	2359133.2203
	2	242025.4972	2359138.1698
	3	242030.4467	2359138.8788
	4	242031.1557	2359133.9293
	1	242026.2062	2359133.2203
6	1	242072.7453	2359138.7446
	2	242072.0850	2359143.7008
	3	242077.0412	2359144.3612
	4	242077.7015	2359139.4050
	1	242072.7453	2359138.7446
7	1	241986.9237	2359123.2354
	2	241986.5139	2359128.2185
	3	241991.4971	2359128.6284
	4	241991.9069	2359123.6452
	1	241986.9237	2359123.2354

- **RESULTADO DEL MUESTREO**

El listado florístico de los muestreos realizados en la microcuenca, en donde se identificó un elevado número de especies vegetales, y por lo consiguiente una buena riqueza florística, las cuales se pueden observar en la siguiente tabla

Tabla IV.6. Listado florístico de las especies registradas en la microcuenca.

FAMILIA	GENERO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA DE VIDA	DISTRIBUCIÓN	NOM-SEMARNAT-2010
Acanthaceae	Bravaisia	*Bravaisia berlandieriana*	Julub	Arbustiva	Nativa	No enlistada
Amaranthaceae	Alternanthera	*Alternanthera flavescens*	ND	Herbácea	Nativa	No enlistada
Amaranthaceae	Atriplex	*Atriplex tampicensis*	Cenizo	Herbácea	Nativa	No enlistada
Amaryllidaceae	Hymenocallis	*Hymenocallis littoralis*	Lirio k'aax	Herbácea	Nativa	No enlistada
Anacardiaceae	Metopium	*Metopium brownei*	Cheechem	Arbórea	Nativa	No enlistada
Arecaceae	Cocos	*Cocos nucifera*	Coco	Arbórea	Exótica	No enlistada
Asparagaceae	Agave	*Agave angustifolia*	Ch'elem	Herbácea	Nativa	No enlistada
Asteraceae	Ambrosia	*Ambrosia hispida*	Muuch' kook	Herbácea	Nativa	No enlistada
Asteraceae	Flaveria	*Flaveria linearis*	K'an lool xiiw	Herbácea	Nativa	No enlistada
Asteraceae	Porophyllum	*Porophyllum punctatum*	Ukíil	Herbácea	Nativa	No enlistada
Bataceae	Batis	*Batis maritima*	Alambrillo	Herbácea	Nativa	No enlistada
Boraginaceae	Cordia	*Cordia sebestena*	K'opte	Arbustiva	Nativa	No enlistada
Bromeliaceae	Tillandsia	*Tillandsia balbisiana*	Xch'u'	Epífita	Nativa	No enlistada
Cactaceae	Acanthocereus	*Acanthocereus tetragonus*	Xnumtsuytsuy	Herbácea	Nativa	No enlistada
Cactaceae	Opuntia	*Opuntia stricta*	Tsakam	Herbácea	Nativa	No enlistada
Cactaceae	Selenicereus	*Selenicereus grandiflorus*	Koj kaan	Enredadera	Endémica	No enlistada
Capparaceae	Capparis	*Capparis pachaca*	Chooch kitam	Arbórea	Nativa	No enlistada
Capparaceae	Quadrella	*Quadrella incana*	Bojk'anche'	Arbustiva	Nativa	No enlistada
Celastraceae	Crossopetalum	*Crossopetalum rhacoma*	ND	Arbustiva	Nativa	No enlistada
Commelinaceae	Commelina	*Commelina erecta*	Paj ts'a	Herbácea	Nativa	No enlistada
Convolvulaceae	Ipomoea	*Ipomoea pes-caprae*	Campanilla	Enredadera	Nativa	No enlistada
Cyperaceae	Rhynchospora	*Rhynchospora colorata*	ND	Herbácea	Nativa	No enlistada
Euphorbiaceae	Croton	*Croton punctatus*	Sak chuum	Arbustiva	Nativa	No enlistada
Euphorbiaceae	Euphorbia	*Euphorbia cyathophora*	Jobon xiiw	Herbácea	Nativa	No enlistada
Euphorbiaceae	Euphorbia	*Euphorbia mesembrianthemifolia*	Siis ja'	Herbácea	Nativa	No enlistada
Fabaceae	Canavalia	*Canavalia rosea*	Frijolillo	Enredadera	Nativa	No enlistada
Fabaceae	Chamaecrista	*Chamaecrista nictitans*	Tamarindillo	Herbácea	Nativa	No enlistada
Fabaceae	Leucaena	*Leucaena leucocephala*	Waxim	Arbórea	Nativa	No enlistada
Fabaceae	Pithecellobium	*Pithecellobium keyense*	Ya'ax k'aax	Arbustiva	Endémica	No enlistada
Fabaceae	Tara	*Tara vesicaria*	Ya'ax k'iin che'	Arbórea	Nativa	No enlistada

FAMILIA	GENERO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA DE VIDA	DISTRIBUCIÓN	NOM-SEMARNAT-2010
Malvaceae	Gossypium	*Gossypium hirsutum*	Taman ch'up	Herbácea	Nativa	Protección especial
Malvaceae	Malvaviscus	*Malvaviscus arboreus*	Bisil	Arbustiva	Nativa	No enlistada
Malvaceae	Waltheria	*Waltheria indica*	Sak mis bil	Herbácea	Nativa	No enlistada
Nyctaginaceae	Okenia	*Okenia hypogaea*	ND	Herbácea	Nativa	No enlistada
Passifloraceae	Passiflora	*Passiflora foetida*	Túubok	Enredadera	Nativa	No enlistada
Poaceae	Aristida	*Aristida adscensionis*	ND	Herbácea	Nativa	No enlistada
Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus echinatus*	Mul	Herbácea	Nativa	No enlistada
Poaceae	Chloris	*Chloris ciliata*	Yook t'uut'	Herbácea	Nativa	No enlistada
Poaceae	Dactyloctenium	*Dactyloctenium aegyptium*	Chimes su'uk	Herbácea	Nativa	No enlistada
Poaceae	Distichlis	*Distichlis spicata*	Baakel aak'	Herbácea	Nativa	No enlistada
Poaceae	Eragrostis	*Eragrostis ciliaris*	Sak su'uk	Herbácea	Nativa	No enlistada
Polygonaceae	Coccoloba	*Coccoloba uvifera*	Ni' che'	Arbustiva	Nativa	No enlistada
Primulaceae	Bonellia	*Bonellia macrocarpa*	Chak sik'iix le'	Arbustiva	Nativa	No enlistada
Rubiaceae	Ernodea	*Ernodea littoralis*	ND	Arbustiva	Nativa	No enlistada
Sapotaceae	Sideroxylon	*Sideroxylon americanum*	Mulche'	Arbórea	Endémica	No enlistada
Surianaceae	Suriana	*Suriana maritima*	Pats'il	Arbustiva	Nativa	No enlistada
Verbenaceae	Lantana	*Lantana involucrata*	Sikil ja' xiiw	Herbácea	Nativa	No enlistada

Se registraron 47 especies, pertenecientes a 46 géneros y 28 familias botánicas.



Figura IV. 12 Registro de *Passiflora foetida*.



Figura IV.13 Estado de la vegetación en la MCH.



Figura IV.14 Panorama de la vegetación en la MCH.

- **CURVAS DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES**

En la gráfica siguiente, los datos obtenidos en campo corresponden a la serie S(est), el resto corresponde a los indicadores utilizados, la asíntota se empieza a alcanzar a partir del sitio 2 lo que indica que, al realizar más sitios de muestreo, la riqueza no sufrirá cambios significativos.

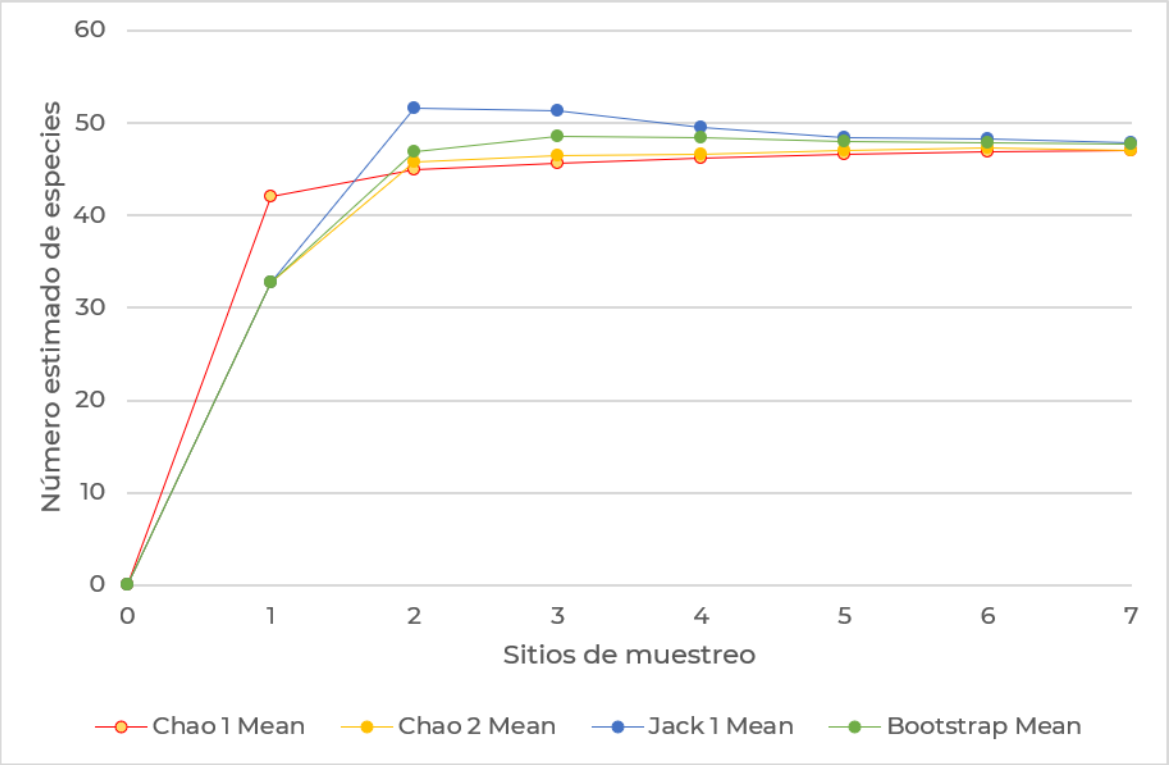

Figura IV.15 Curva de acumulación para los 7 sitios muestreos realizados en cuenca.

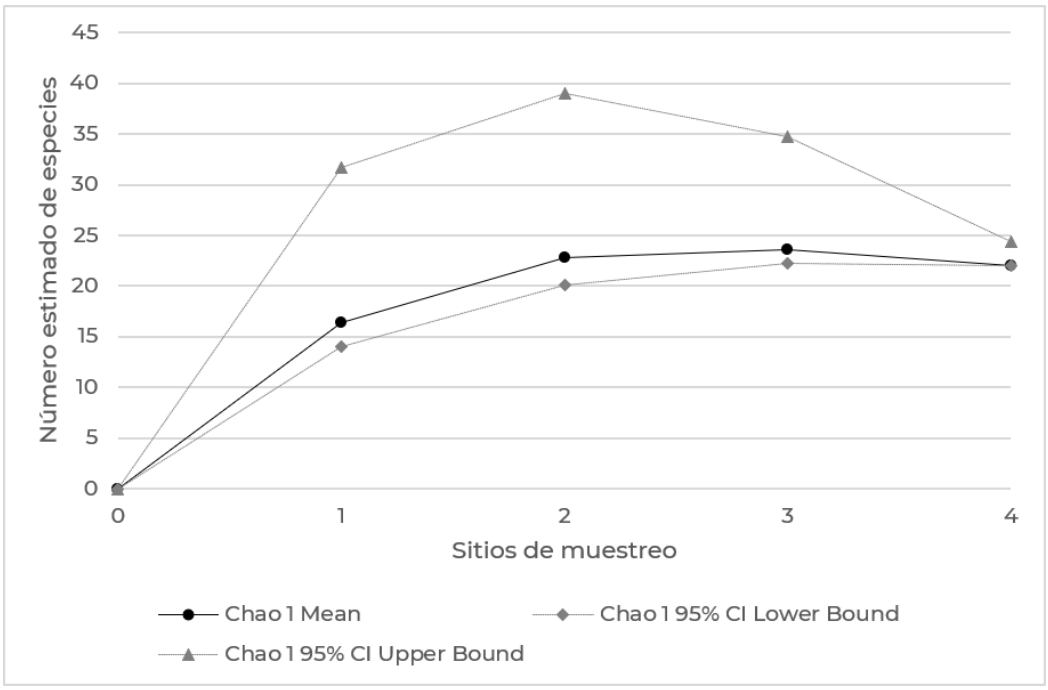

Figura IV.16 Intervalos de confianza de 95% en donde se observa que las especies estimadas se encuentran dentro.

En conclusión, se puede decir que los resultaron son representativos y mientras más muestreos se hagan, no cambiará la riqueza.

- **RESULTADOS DE LOS VALORES OBTENIDOS DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA EN LA CUENCA.**

- **VALOR DE IMPORTANCIA DE LA VEGETACIÓN**

Estrato Herbáceo

Los resultados del análisis del Valor de Importancia Relativa (VIR) permiten identificar la contribución ecológica de cada especie dentro de la comunidad vegetal evaluada, integrando la cobertura relativa, la densidad relativa y la frecuencia relativa registradas en los siete cuadrantes de muestreo.

Durante el estudio se registraron 29 especies correspondientes al estrato herbáceo. Como es propio de la metodología empleada, la suma de los valores relativos de cobertura, densidad y frecuencia alcanzó un total de 300, correspondiente a la suma de los VIR de todas las especies registradas.

De acuerdo con los resultados obtenidos, las especies con mayor Valor de Importancia Relativa fueron *Agave angustifolia*, con un VIR de 29.69; *Cenchrus echinatus*, con 23.74; *Dactyloctenium aegyptium*, con 23.06; *Ambrosia hispida*, con 19.18 y *Distichlis spicata*, con 14.64. Estas especies constituyen los principales componentes estructurales del estrato herbáceo al presentar mayores valores de cobertura, abundancia y distribución dentro del área evaluada.

Agave angustifolia fue la especie con mayor importancia ecológica al registrar la mayor cobertura relativa (14.46 %) y una elevada densidad relativa (10.82 %), aunque con una frecuencia relativa moderada (4.40 %), reflejando individuos de gran porte y amplia representación espacial. Por su parte, *Cenchrus echinatus* presentó valores similares de cobertura (9.22 %) y densidad (10.12 %), además de una frecuencia de 4.40 %, indicando una distribución relativamente homogénea dentro de los cuadrantes. De manera semejante, *Dactyloctenium aegyptium* mostró un comportamiento equilibrado entre cobertura (9.24 %), densidad (9.41 %) y frecuencia (4.40 %), lo que evidencia una participación importante en la estructura del estrato herbáceo.

Asimismo, *Ambrosia hispida* destacó por su elevada densidad relativa (9.18 %) y una cobertura de 5.60 %, mientras que *Distichlis spicata*, especie característica de ambientes costeros, alcanzó un VIR de 14.64, derivado de valores relativamente balanceados de cobertura (4.83 %), densidad (5.41 %) y frecuencia (4.40 %), confirmando su presencia constante dentro de la comunidad vegetal.

En contraste, las especies con menor Valor de Importancia Relativa fueron *Hymenocallis littoralis* (5.21), *Lantana involucrata* (5.29), *Euphorbia cyathophora* (5.31), *Euphorbia mesembrianthemifolia* (5.56) y *Selenicereus grandiflorus* (5.62). Estos valores reflejan una baja representatividad estructural, asociada principalmente a una escasa cobertura, menor abundancia y una distribución restringida dentro de los cuadrantes evaluados.

En términos generales, el análisis del VIR evidencia que el estrato herbáceo presenta una comunidad típica de vegetación de duna costera con alteraciones, donde coexisten especies pioneras, gramíneas y herbáceas rastreras adaptadas a condiciones de alta insolación, sustratos arenosos y perturbación recurrente. La dominancia se distribuye entre varias especies sin que exista una sola especie claramente dominante, lo que refleja una comunidad relativamente heterogénea y característica de sitios costeros con influencia antrópica moderada.

Tabla IV.7. Valor de Importancia relativa (VIR) del estrato herbáceo.

#	Nombre científico	Nombre común	Cobertura relativa (%)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	VIR
1	*Acanthocereus tetragonus*	Xnumtsuytsuy	2.52	2.12	3.14	7.78
2	*Agave angustifolia*	Ch'elem	14.46	10.82	4.40	29.69
3	*Alternanthera flavescens*	ND	2.77	4.00	3.77	10.55
4	*Ambrosia hispida*	Muuch' kook	5.60	9.18	4.40	19.18
5	*Aristida adscensionis*	ND	2.49	2.35	2.52	7.36
6	*Atriplex tampicensis*	Cenizo	1.62	1.65	3.14	6.41
7	*Batis maritima*	Alambrillo	0.91	2.12	3.14	6.17
8	*Canavalia rosea*	Frijolillo	4.79	2.35	3.14	10.29
9	*Cenchrus echinatus*	Mul	9.22	10.12	4.40	23.74
10	*Chamaecrista nictitans*	Tamarindillo	2.39	2.82	4.40	9.61
11	*Chloris ciliata*	Yook t'uut'	2.85	3.29	3.77	9.92
12	*Commelina erecta*	Paj ts'a	1.93	2.35	3.14	7.42
13	*Dactyloctenium aegyptium*	Chimes su'uk	9.24	9.41	4.40	23.06
14	*Distichlis spicata*	Baakel aak'	4.83	5.41	4.40	14.64
15	*Eragrostis ciliaris*	Sak su'uk	1.62	1.65	3.77	7.04
16	*Euphorbia cyathophora*	Jobon xiiw	1.39	1.41	2.52	5.31
17	*Euphorbia mesembrianthemifolia*	Siis ja'	1.00	1.41	3.14	5.56
18	*Flaveria linearis*	K'an lool xiiw	2.14	3.06	4.40	9.60
19	*Hymenocallis littoralis*	Lirio k'aax	1.51	1.18	2.52	5.21
20	*Ipomoea pes-caprae*	Campanilla	4.07	1.88	3.14	9.10
21	*Lantana involucrata*	Sikil ja' xiiw	1.36	1.41	2.52	5.29
22	*Okenia hypogaea*	ND	1.80	1.65	2.52	5.96
23	*Opuntia stricta*	Tsakam	2.68	3.06	3.14	8.88
24	*Passiflora foetida*	Túubok	4.75	2.12	3.14	10.01
25	*Porophyllum punctatum*	Ukíil	2.46	3.29	3.77	9.53
26	*Rhynchospora colorata*	ND	1.85	1.88	3.77	7.50
27	*Selenicereus grandiflorus*	Koj kaan	1.92	1.18	2.52	5.62
28	*Tillandsia balbisiana*	Xch'u'	1.77	1.88	2.52	6.17
29	*Waltheria indica*	Sak mis bil	4.07	4.94	4.40	13.41
	TOTAL		**100**	**100**	**100**	**300**

Estrato Arbustivo

El análisis del Valor de Importancia Relativa (VIR) para el estrato arbustivo permitió determinar la importancia ecológica de las especies registradas mediante la integración de la cobertura relativa, densidad relativa y frecuencia relativa obtenidas en los siete cuadrantes de 25 m² establecidos dentro de la vegetación de duna costera con alteraciones.

En este estrato se registraron 18 especies leñosas entre arbustos, árboles jóvenes y algunas especies introducidas. La suma de los valores relativos de cobertura, densidad y frecuencia alcanzó el valor esperado de 300, conforme al procedimiento metodológico empleado.

Las especies con los valores más altos de VIR fueron *Pithecellobium keyense*, con 31.77; *Quadrella incana*, con 29.49; *Bravaisia berlandieriana*, con 22.88; *Tara vesicaria*, con 22.63; *Sideroxylon americanum*, con 22.03; *Coccoloba uvifera*, con 21.99, y *Metopium brownei*, con 21.11. Estas especies representan los principales elementos estructurales del estrato arbustivo dentro del área de estudio.

Pithecellobium keyense presentó el mayor Valor de Importancia Relativa debido a su elevada cobertura relativa (13.89 %), alta densidad (10.74 %) y una frecuencia de 7.14 %, lo que evidencia una amplia distribución y abundancia dentro del sitio. De manera similar, Quadrella incana obtuvo un VIR elevado (29.49) como resultado de una cobertura relativa de 13.62 %, densidad de 8.72 % y frecuencia de 7.14 %, constituyéndose como una de las especies dominantes del estrato.

Bravaisia berlandieriana destacó principalmente por presentar la mayor densidad relativa del estrato (13.42 %), acompañada de una cobertura de 3.74 % y una frecuencia de 5.71 %, reflejando una elevada abundancia de individuos. Por su parte, *Tara vesicaria* mostró una distribución constante en el área evaluada al registrar la mayor frecuencia relativa (8.57 %), además de una cobertura de 7.34 % y una densidad de 6.71 %.

También sobresalen *Sideroxylon americanum, Coccoloba uvifera* y *Metopium brownei,* especies características de la vegetación costera de la Península de Yucatán, cuyos valores de VIR evidencian una participación importante en la estructura y composición del estrato arbustivo, aportando cobertura vegetal permanente y complejidad estructural al ecosistema.
En contraste, las especies con menor Valor de Importancia Relativa fueron *Suriana maritima* (7.68), *Croton punctatus* (7.69), *Malvaviscus arboreus* (9.11), *Leucaena leucocephala* (9.55) y *Capparis pachaca* y *Ernodea littoralis*, ambas con 10.54. Estos valores indican una menor representatividad dentro de la comunidad vegetal, derivada de su baja cobertura, menor abundancia o presencia limitada en los cuadrantes de muestreo.

En términos generales, el estrato arbustivo corresponde a una comunidad de vegetación de duna costera con alteraciones, donde predominan especies nativas adaptadas a condiciones de alta salinidad, suelos arenosos y ambientes costeros,

coexistiendo con algunas especies secundarias e incluso introducidas, como *Cocos nucifera* y *Leucaena leucocephala*. La composición observada refleja una comunidad con un grado de perturbación previo, aunque mantiene una estructura vegetal representativa de este tipo de ecosistema, con especies características que conservan funciones ecológicas importantes en la estabilización del sustrato, protección contra la erosión y provisión de hábitat para la fauna silvestre.

Tabla IV.8. Valor de Importancia relativa (VIR) del estrato arbustivo.

#	Nombre científico	Nombre común	Cobertura relativa (%)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	VIR
1	*Bonellia macrocarpa*	Chak sik'iix le'	3.34	5.37	8.57	17.28
2	*Bravaisia berlandieriana*	Julub	3.74	13.42	5.71	22.88
3	*Capparis pachaca*	Chooch kitam	1.47	3.36	5.71	10.54
4	*Coccoloba uvifera*	Ni' che'	9.48	5.37	7.14	21.99
5	*Cocos nucifera*	Coco	14.15	2.68	1.43	18.27
6	*Cordia sebestena*	K'opte	2.40	4.03	5.71	12.14
7	*Crossopetalum rhacoma*	ND	1.07	5.37	7.14	13.58
8	*Croton punctatus*	Sak chuum	0.80	4.03	2.86	7.69
9	*Ernodea littoralis*	ND	1.47	3.36	5.71	10.54
10	*Gossypium hirsutum*	Taman ch'up	2.67	3.36	5.71	11.74
11	*Leucaena leucocephala*	Waxim	2.67	4.03	2.86	9.55
12	*Malvaviscus arboreus*	Bisil	1.47	3.36	4.29	9.11
13	*Metopium brownei*	Cheechem	8.01	7.38	5.71	21.11
14	*Pithecellobium keyense*	Ya'ax k'aax	13.89	10.74	7.14	31.77
15	*Quadrella incana*	Bojk'anche'	13.62	8.72	7.14	29.49
16	*Sideroxylon americanum*	Mulche'	10.28	6.04	5.71	22.03
17	*Suriana maritima*	Pats'il	2.14	2.68	2.86	7.68
18	*Tara vesicaria*	Ya'ax k'iin che'	7.34	6.71	8.57	22.63
	TOTAL		**100**	**100**	**100**	**300**

III.2.1.3 Diversidad de flora en el sistema ambiental

Resultados de los valores obtenidos de Diversidad florística por estrato en los sitios del sistema ambiental.

Fórmula para calcular el índice de Shannon Wiener (H'):
$H'=-\Sigma pi \ln pi$

Donde:
H'= contenido de la información de la muestra.
Pi=proporción de la muestra que pertenecen a la especie i.

Para conocer la distribución de los individuos entre las especies registradas por grupo diamétrico se calculó el índice de Equidad de Pielou (Moreno, 2001).

Índice de Equidad de Pielou.
E= H/Hmax,

Donde:
E=Equidad
H=Diversidad de especies
Hmax= Diversidad de especies máxima= logS

En las siguientes tablas, se presentan los valores de diversidad de especies (Índice de Shannon-Wiener) en los dos estratos de la vegetación de las especies registradas en las unidades de muestreo que se registraron en los sitios del sistema ambiental. La equitatividad (E) puede entenderse como que: tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies (Newman, 2003). Esto es, refleja la distribución de individuos entre especies (Clements y Newman, 2002). Se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies.

Los resultados obtenidos en el caso del estrato herbáceo se muestran a continuación.

Tabla IV.9. Diversidad (H'), Equidad de las especies del estrato herbáceo.

#	Nombre científico	Nombre común	Densidad (ha)	Abund rel (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
1	*Acanthocereus tetragonus*	Xnumtsuytsuy	514	0.0212	-3.8549	0.0816
2	*Agave angustifolia*	Ch'elem	2629	0.1082	-2.2234	0.2407
3	*Alternanthera flavescens*	ND	971	0.0400	-3.2189	0.1288
4	*Ambrosia hispida*	Muuch' kook	2229	0.0918	-2.3885	0.2192
5	*Aristida adscensionis*	ND	571	0.0235	-3.7495	0.0882
6	*Atriplex tampicensis*	Cenizo	400	0.0165	-4.1062	0.0676
7	*Batis maritima*	Alambrillo	514	0.0212	-3.8549	0.0816
8	*Canavalia rosea*	Frijolillo	571	0.0235	-3.7495	0.0882
9	*Cenchrus echinatus*	Mul	2457	0.1012	-2.2909	0.2318
10	*Chamaecrista nictitans*	Tamarindillo	686	0.0282	-3.5672	0.1007
11	*Chloris ciliata*	Yook t'uut'	800	0.0329	-3.4130	0.1124
12	*Commelina erecta*	Paj ts'a	571	0.0235	-3.7495	0.0882
13	*Dactyloctenium aegyptium*	Chimes su'uk	2286	0.0941	-2.3632	0.2224
14	*Distichlis spicata*	Baakel aak'	1314	0.0541	-2.9166	0.1578
15	*Eragrostis ciliaris*	Sak su'uk	400	0.0165	-4.1062	0.0676

#	Nombre científico	Nombre común	Densidad (ha)	Abund rel (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
16	*Euphorbia cyathophora*	Jobon xiiw	343	0.0141	-4.2603	0.0601
17	*Euphorbia mesembrianthemifolia*	Siis ja'	343	0.0141	-4.2603	0.0601
18	*Flaveria linearis*	K'an lool xiiw	743	0.0306	-3.4871	0.1067
19	*Hymenocallis littoralis*	Lirio k'aax	286	0.0118	-4.4427	0.0523
20	*Ipomoea pes-caprae*	Campanilla	457	0.0188	-3.9726	0.0748
21	*Lantana involucrata*	Sikil ja' xiiw	343	0.0141	-4.2603	0.0601
22	*Okenia hypogaea*	ND	400	0.0165	-4.1062	0.0676
23	*Opuntia stricta*	Tsakam	743	0.0306	-3.4871	0.1067
24	*Passiflora foetida*	Túubok	514	0.0212	-3.8549	0.0816
25	*Porophyllum punctatum*	Ukíil	800	0.0329	-3.4130	0.1124
26	*Rhynchospora colorata*	ND	457	0.0188	-3.9726	0.0748
27	*Selenicereus grandiflorus*	Koj kaan	286	0.0118	-4.4427	0.0523
28	*Tillandsia balbisiana*	Xch'u'	457	0.0188	-3.9726	0.0748
29	*Waltheria indica*	Sak mis bil	1200	0.0494	-3.0076	0.1486
	TOTAL		**24286**		**H' Calculada**	3.1099
					H' maxima=Ln (S)	3.3673
					Equidad (J)=H / H MAX	0.9236

El estrato herbáceo registró una riqueza específica de 29 especies, con una densidad total estimada de 24,286 individuos/ha. A partir de la abundancia relativa de cada especie se calculó el Índice de Shannon-Wiener, obteniéndose un valor de H' = 3.1099. La diversidad máxima posible para este estrato, considerando las 29 especies registradas, fue de H' máxima = 3.3673, correspondiente al logaritmo natural de la riqueza específica. Asimismo, se obtuvo una equidad de J = 0.9236, lo cual indica que los individuos presentan una distribución relativamente uniforme entre las especies registradas.

Las especies con mayor abundancia relativa fueron *Agave angustifolia* con 0.1082, *Cenchrus echinatus* con 0.1012, *Dactyloctenium aegyptium* con 0.0941 y *Ambrosia hispida* con 0.0918. Estas especies concentran una proporción importante de los individuos registrados, aunque no generan una dominancia marcada, ya que la equidad se mantiene cercana a 1.

De acuerdo con el valor obtenido de H' = 3.1099, el estrato herbáceo presenta una diversidad alta, lo que refleja una comunidad florísticamente heterogénea, con presencia de numerosas especies herbáceas, rastreras, gramíneas y elementos adaptados a condiciones costeras. La alta equidad indica que, aunque existen especies con mayor abundancia, la comunidad no se encuentra dominada de forma extrema por una sola especie.

En términos ecológicos, estos resultados son consistentes con una vegetación de duna costera con alteraciones, donde coexisten especies características de ambientes arenosos, especies pioneras y especies asociadas a sitios perturbados. En conclusión, el estrato herbáceo presenta una riqueza alta, diversidad elevada y una distribución proporcionalmente equilibrada entre sus componentes florísticos.

Los resultados obtenidos en el caso del estrato arbustivo se muestran a continuación.

Tabla IV.10. Diversidad (H'), Equidad de las especies del estrato arbustivo.

#	Nombre científico	Nombre común	Densidad (ha)	Abund rel (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
1	*Bonellia macrocarpa*	Chak sik'iix le'	457	0.0537	-2.9245	0.1570
2	*Bravaisia berlandieriana*	Julub	1143	0.1342	-2.0082	0.2696
3	*Capparis pachaca*	Chooch kitam	286	0.0336	-3.3945	0.1139
4	*Coccoloba uvifera*	Ni' che'	457	0.0537	-2.9245	0.1570
5	*Cocos nucifera*	Coco	229	0.0268	-3.6177	0.0971
6	*Cordia sebestena*	K'opte	343	0.0403	-3.2122	0.1293
7	*Crossopetalum rhacoma*	ND	457	0.0537	-2.9245	0.1570
8	*Croton punctatus*	Sak chuum	343	0.0403	-3.2122	0.1293
9	*Ernodea littoralis*	ND	286	0.0336	-3.3945	0.1139
10	*Gossypium hirsutum*	Taman ch'up	286	0.0336	-3.3945	0.1139
11	*Leucaena leucocephala*	Waxim	343	0.0403	-3.2122	0.1293
12	*Malvaviscus arboreus*	Bisil	286	0.0336	-3.3945	0.1139
13	*Metopium brownei*	Cheechem	629	0.0738	-2.6061	0.1924
14	*Pithecellobium keyense*	Ya'ax k'aax	914	0.1074	-2.2314	0.2396
15	*Quadrella incana*	Bojk'anche'	743	0.0872	-2.4390	0.2128
16	*Sideroxylon americanum*	Mulche'	514	0.0604	-2.8067	0.1695
17	*Suriana maritima*	Pats'il	229	0.0268	-3.6177	0.0971
18	*Tara vesicaria*	Ya'ax k'iin che'	571	0.0671	-2.7014	0.1813
	TOTAL		**8514**		**H' Calculada**	2.7742
					H' maxima=Ln (S)	2.8904
					Equidad (J)=H / H MAX	0.9598

El estrato arbustivo registró una riqueza específica de 18 especies, con una densidad total estimada de 8,514 individuos/ha. Con base en la abundancia relativa de cada especie se calculó el Índice de Shannon-Wiener, obteniéndose un valor de H' = 2.7742.

La diversidad máxima posible para este estrato fue de H' máxima = 2.8904, correspondiente al logaritmo natural de las 18 especies registradas. La equidad

obtenida fue de J = 0.9598, valor cercano a 1, lo que indica una distribución muy uniforme de los individuos entre las especies presentes.

Las especies con mayor abundancia relativa fueron *Bravaisia berlandieriana* con 0.1342, *Pithecellobium keyense* con 0.1074, *Quadrella incana* con 0.0872, *Metopium brownei* con 0.0738 y *Tara vesicaria* con 0.0671. Aunque estas especies presentan mayor representatividad dentro del estrato arbustivo, sus valores de abundancia no reflejan una dominancia extrema, debido a que el resto de las especies también mantiene una participación relativamente equilibrada.

Con base en el valor de H' = 2.7742, el estrato arbustivo presenta una diversidad moderadamente alta a alta, con una composición vegetal bien distribuida entre especies nativas características de duna costera, especies arbustivas secundarias y algunos elementos asociados a condiciones de perturbación.

La equidad de J = 0.9598 evidencia que el estrato arbustivo mantiene una estructura florística equilibrada, sin dominancia marcada de una sola especie. Esto sugiere que, pese a las alteraciones observadas en el sitio, la comunidad conserva una composición vegetal representativa de ambientes costeros, con especies que contribuyen a la cobertura, estabilización del sustrato arenoso, protección contra erosión y generación de hábitat para fauna silvestre.

En conclusión, el estrato arbustivo evaluado presenta una riqueza específica moderada, una diversidad elevada y una equidad alta, lo cual refleja una comunidad vegetal relativamente estable en términos de distribución de individuos, aunque influenciada por condiciones de alteración propias del sitio.

- **Especies endémicas registradas.**

En los muestreos del sistema ambiental se registraron tres especies endémicas: *Selenicereus grandiflorus, Pithecellobium keyense y Sideroxylon americanum* sin embargo, se registró una especie especie exótica, en cuanto a especies protegidas se registró a *Gossypium hirsutum* como Protección especialde acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010

Caracterización de la flora dentro del predio

Tipo de vegetación por afectar

En el paisaje se observa una vegetación de Duna Costera que contempla una mezcla de comunidades vegetales herbáceas, arbustivas e incluso arbóreas, presentándose en

un patrón de dos zonas: la zona de pioneras y la de matorrales. Las pioneras se encuentran en la playa y crecen sobre arena móvil; son herbáceas, tolerantes a medios de extrema salinidad, viento muy fuerte y la acción de las mareas altas. La mayoría presentan un hábito de tipo postrado. Algunas especies pioneras incluyen: Ageratum littorale, Portulaca oleracea, Tribulus cistoides, Ipomoea pes-caprae y Sporobolus virginicus.

En la zona de matorrales se diferencian dos fases de desarrollo: la primera constituye una barrera de arbustos rompe-vientos de hojas suculentas y follaje denso, cuyas principales especies son *Suriana maritima*, T*ournefortia gnaphalodes* y S*caevola plumieri*. La siguiente fase se presenta en el interior de la duna, donde la arena se encuentra más fija y la altura de la vegetación varía entre tres y cinco metros; las especies más comunes son *Cascabela gaumeri*, *Thrinax radiata*, *Coccothrinax readii*, *Coccoloba uvifera* y *Metopium brownei*.



Figura IV.17. Panorama general de la vegetación secundaria de Duna Costera en el predio del proyecto.

Muestreo

Para determinar la composición florística del área del proyecto se realzaron el mismo tipo de muestreos en sitios cercanos al área de microcuenca.

Se muestrearon 7 sitios de forma cuadrada de 5 x 5 m, con una superficie de 25 m^2 cada uno. Para cada sitio se registraron todas las especies vegetales y su abundancia, llevando a cabo su identificación en campo, colectando únicamente las especies no reconocidas para ser identificadas en gabinete.

La ubicación de los sitios de muestreo se puede observar en la siguiente figura y tabla se registraron todas las especies posibles presentes en el área, y se clasificaron en tres estratos: Herbáceas, Arbustos y Arbóreas.

Se realizó una comparación de las especies identificadas con la lista de especies mencionadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

- **Ubicación de los puntos de muestreo**

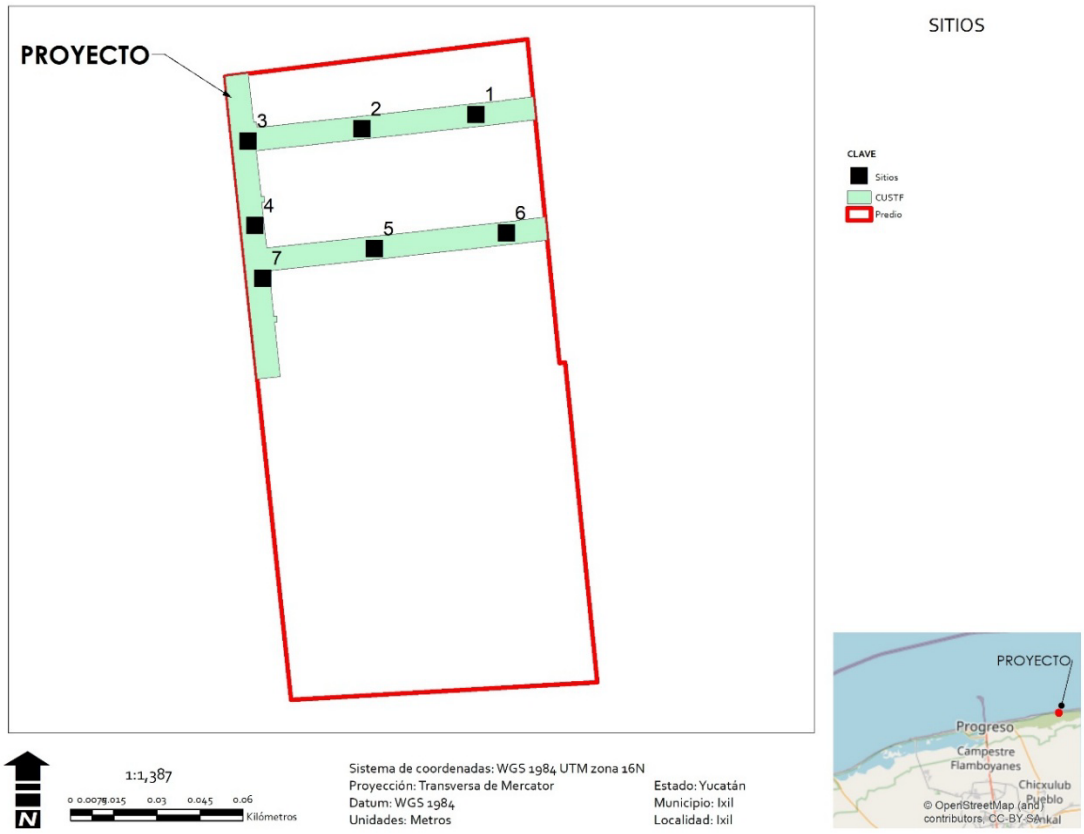

Figura IV.18. Ubicación de los sitios de muestreo.

Tabla IV-1. Coordenadas de los cuadrantes (UTM, zona 16Q).

CUADRANTE	VÉRTICE	X	Y
1	1	242061.4974	2359179.8010
	2	242060.8629	2359184.7606
	3	242065.8225	2359185.3951
	4	242066.4570	2359180.4355
	1	242061.4974	2359179.8010
2	1	242021.8268	2359175.0343
	2	242021.3795	2359180.0143
	3	242026.3595	2359180.4616
	4	242026.8068	2359175.4816

CUADRANTE	VÉRTICE	X	Y
	1	242021.8268	2359175.0343
3	1	241982.1366	2359170.5064
	2	241981.5031	2359175.4661
	3	241986.4628	2359176.0995
	4	241987.0963	2359171.1398
	1	241982.1366	2359170.5064
4	1	241983.7008	2359141.3233
	2	241983.2235	2359146.3005
	3	241988.2006	2359146.7778
	4	241988.6780	2359141.8007
	1	241983.7008	2359141.3233
5	1	242026.2062	2359133.2203
	2	242025.4972	2359138.1698
	3	242030.4467	2359138.8788
	4	242031.1557	2359133.9293
	1	242026.2062	2359133.2203
6	1	242072.7453	2359138.7446
	2	242072.0850	2359143.7008
	3	242077.0412	2359144.3612
	4	242077.7015	2359139.4050
	1	242072.7453	2359138.7446
7	1	241986.9237	2359123.2354
	2	241986.5139	2359128.2185
	3	241991.4971	2359128.6284
	4	241991.9069	2359123.6452
	1	241986.9237	2359123.2354

- **RESULTADO DEL MUESTREO**

El listado florístico de los muestreos realizados, en donde se identificó un escaso número de especies vegetales, y por lo consiguiente una baja riqueza florística, las cuales se pueden observar en la siguiente tabla

Tabla IV-2. Listado florístico de las especies registradas en el área del proyecto (predio)

FAMILIA	GENERO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA DE VIDA	DISTRIBUCIÓN	NOM-SEMARNAT-2010
Acanthaceae	Bravaisia	*Bravaisia berlandieriana*	Julub	Arbustiva	Nativa	No enlistada
Amaranthaceae	Alternanthera	*Alternanthera flavescens*	ND	Herbácea	Nativa	No enlistada
Amaryllidaceae	Hymenocallis	*Hymenocallis littoralis*	Lirio k'aax	Herbácea	Nativa	No enlistada
Anacardiaceae	Metopium	*Metopium brownei*	Cheechem	Arbórea	Nativa	No enlistada
Arecaceae	Cocos	*Cocos nucifera*	Coco	Arbórea	Exótica	No enlistada
Asparagaceae	Agave	*Agave angustifolia*	Ch'elem	Herbácea	Nativa	No enlistada
Asteraceae	Ambrosia	*Ambrosia hispida*	Muuch' kook	Herbácea	Nativa	No enlistada
Asteraceae	Flaveria	*Flaveria linearis*	K'an lool xiiw	Herbácea	Nativa	No enlistada
Asteraceae	Porophyllum	*Porophyllum punctatum*	Ukíil	Herbácea	Nativa	No enlistada
Boraginaceae	Cordia	*Cordia sebestena*	K'opte	Arbustiva	Nativa	No enlistada
Cactaceae	Acanthocereus	*Acanthocereus tetragonus*	Xnumtsuytsuy	Herbácea	Nativa	No enlistada
Cactaceae	Opuntia	*Opuntia stricta*	Tsakam	Herbácea	Nativa	No enlistada
Cactaceae	Selenicereus	*Selenicereus grandiflorus*	Koj kaan	Enredadera	Endémica	No enlistada

FAMILIA	GENERO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA DE VIDA	DISTRIBUCIÓN	NOM-SEMARNAT-2010
Capparaceae	Capparis	*Capparis pachaca*	Chooch kitam	Arbórea	Nativa	No enlistada
Capparaceae	Quadrella	*Quadrella incana*	Bojk'anche'	Arbustiva	Nativa	No enlistada
Celastraceae	Crossopetalum	*Crossopetalum rhacoma*	ND	Arbustiva	Nativa	No enlistada
Commelinaceae	Commelina	*Commelina erecta*	Paj ts'a	Herbácea	Nativa	No enlistada
Euphorbiaceae	Euphorbia	*Euphorbia cyathophora*	Jobon xiiw	Herbácea	Nativa	No enlistada
Euphorbiaceae	Euphorbia	*Euphorbia mesembrianthemifolia*	Siis ja'	Herbácea	Nativa	No enlistada
Fabaceae	Canavalia	*Canavalia rosea*	Frijolillo	Enredadera	Nativa	No enlistada
Fabaceae	Chamaecrista	*Chamaecrista nictitans*	Tamarindillo	Herbácea	Nativa	No enlistada
Fabaceae	Leucaena	*Leucaena leucocephala*	Waxim	Arbórea	Nativa	No enlistada
Fabaceae	Tara	*Tara vesicaria*	Ya'ax k'iin che'	Arbórea	Nativa	No enlistada
Malvaceae	Gossypium	*Gossypium hirsutum*	Taman ch'up	Herbácea	Nativa	Protección especial
Malvaceae	Malaviscus	*Malvaviscus arboreus*	Bisil	Arbustiva	Nativa	No enlistada
Malvaceae	Waltheria	*Waltheria indica*	Sak mis bil	Herbácea	Nativa	No enlistada
Passifloraceae	Passiflora	*Passiflora foetida*	Túubok	Enredadera	Nativa	No enlistada
Poaceae	Cenchrus	*Cenchrus echinatus*	Mul	Herbácea	Nativa	No enlistada
Poaceae	Chloris	*Chloris ciliata*	Yook t'uut'	Herbácea	Nativa	No enlistada
Poaceae	Distichlis	*Distichlis spicata*	Baakel aak'	Herbácea	Nativa	No enlistada
Poaceae	Eragrostis	*Eragrostis ciliaris*	Sak su'uk	Herbácea	Nativa	No enlistada
Polygonaceae	Coccoloba	*Coccoloba uvifera*	Ni' che'	Arbustiva	Nativa	No enlistada

FAMILIA	GENERO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FORMA DE VIDA	DISTRIBUCIÓN	NOM-SEMARNAT-2010
Primulaceae	Bonellia	*Bonellia macrocarpa*	Chak sik'iix le'	Arbustiva	Nativa	No enlistada
Sapotaceae	Sideroxylon	*Sideroxylon americanum*	Mulche'	Arbórea	Endémica	No enlistada
Verbenaceae	Lantana	*Lantana involucrata*	Sikil ja' xiiw	Herbácea	Nativa	No enlistada

Se registraron 35 especies, pertenecientes a 34 géneros y 21 familias botánicas.

- **CURVAS DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES**

En la gráfica siguiente, los datos obtenidos en campo corresponden a la serie S(est), el resto corresponde a los indicadores utilizados, la asíntota se empieza a alcanzar a partir del sitio 5 manteniéndose hasta el sitio 7, lo que indica que, al realizar más sitios de muestreo, la riqueza no sufrirá cambios significativos.

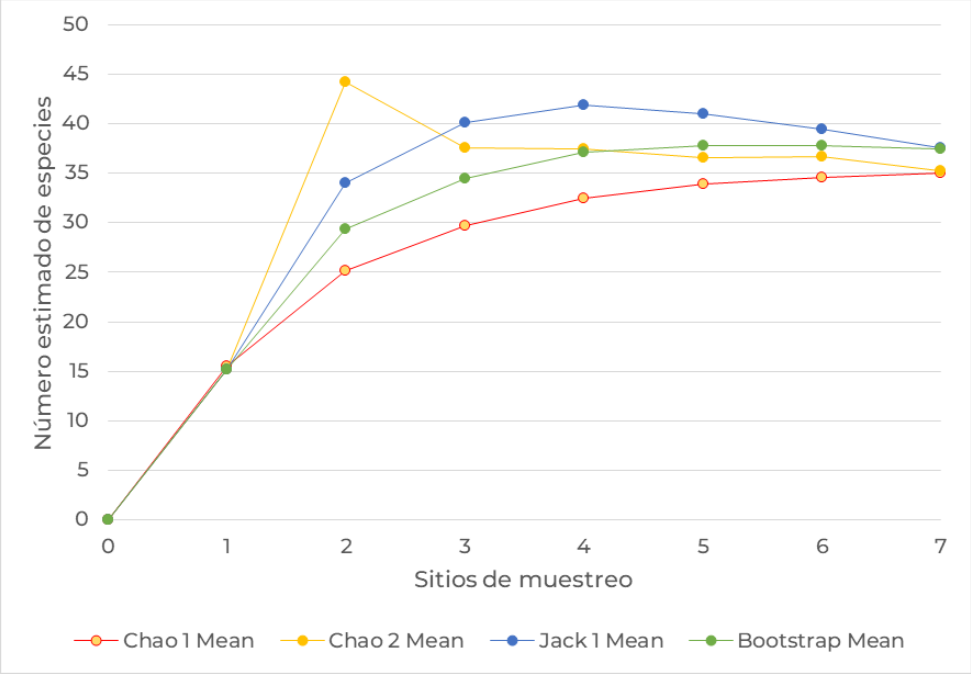

Figura IV.19. Curva de acumulación para los 7 sitios muestreos realizados en el área del proyecto.

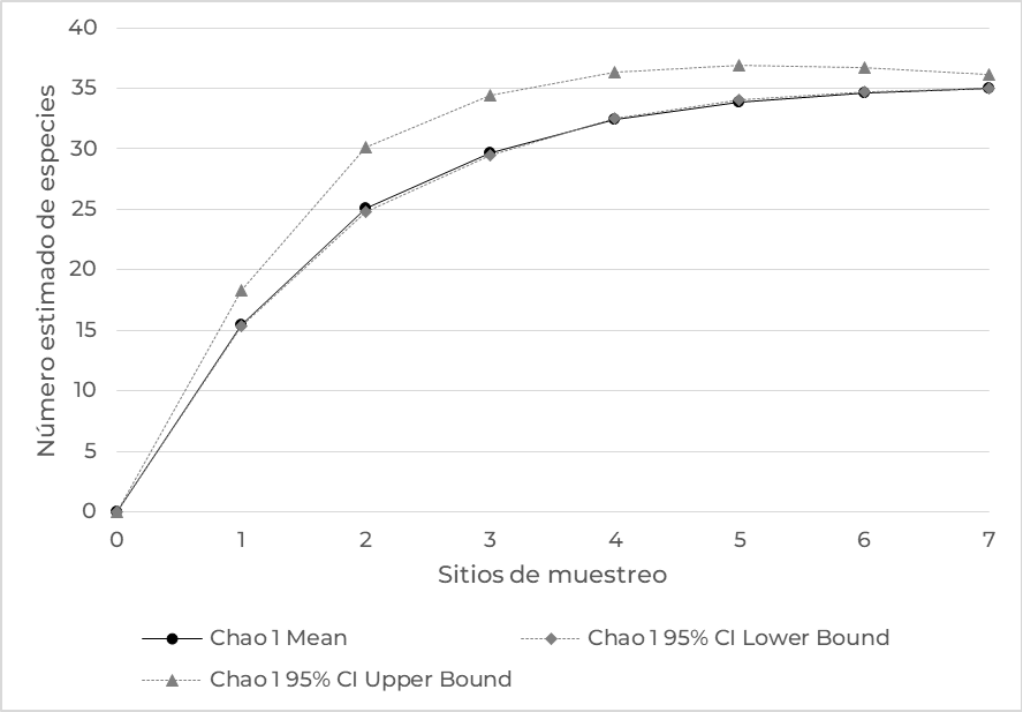

Figura IV.20. Intervalos de confianza de 95% en donde se observa que las especies estimadas se encuentran dentro.

En conclusión, se puede decir que los resultaron son representativos y mientras más muestreos se hagan, no cambiará la riqueza.

IV.2.1.3 Diversidad de flora en el área del predio

- **VALOR DE IMPORTANCIA DE LA VEGETACIÓN**

Estrato Herbáceo

Los resultados del análisis del Valor de Importancia Relativa (VIR) permiten identificar la importancia ecológica de las especies que integran el estrato herbáceo, considerando de manera conjunta la cobertura relativa, la densidad relativa y la

frecuencia relativa registradas en los siete cuadrantes de 25 m² establecidos dentro de una comunidad de vegetación de duna costera con alteraciones.

Durante el muestreo se registraron 21 especies correspondientes al estrato herbáceo. La suma de los valores relativos de cobertura, densidad y frecuencia fue de 300, conforme a la metodología empleada para el cálculo del VIR.

Las especies con mayor Valor de Importancia Relativa fueron Distichlis spicata, con un VIR de 34.14; Ambrosia hispida, con 31.26; Alternanthera flavescens, con 22.14; Waltheria indica, con 22.11; Porophyllum punctatum, con 21.85; Canavalia rosea, con 21.24; y Commelina erecta, con 21.16. Estas especies constituyen los principales elementos estructurales del estrato herbáceo y aportan la mayor cobertura, abundancia y frecuencia dentro de la comunidad vegetal.

La especie Distichlis spicata presentó el mayor VIR como resultado de registrar la mayor cobertura relativa (13.53 %) y la mayor densidad relativa (15.85 %), además de una frecuencia relativa de 4.76 %, lo que evidencia una elevada representatividad dentro del sitio. Ambrosia hispida ocupó el segundo lugar en importancia ecológica debido a su alta cobertura (12.41 %) y densidad (14.09 %), mientras que Alternanthera flavescens destacó por presentar valores elevados y equilibrados de cobertura (7.96 %), densidad (7.83 %) y frecuencia (6.35 %).

Asimismo, especies propias de ambientes costeros como Canavalia rosea, Distichlis spicata y Hymenocallis littoralis, junto con otras especies nativas como Porophyllum punctatum, Waltheria indica y Agave angustifolia, reflejan la composición característica de la vegetación de duna costera, aunque con evidencia de alteraciones derivadas de actividades humanas.

En contraste, las especies con menor Valor de Importancia Relativa fueron Chamaecrista nictitans (5.45), Euphorbia mesembrianthemifolia (5.47), Euphorbia cyathophora (5.52), Acanthocereus tetragonus (5.86), Hymenocallis littoralis (6.35) y Flaveria linearis (6.40), cuyos valores reflejan una menor abundancia, cobertura y frecuencia dentro de la comunidad vegetal.

En términos ecológicos, el estrato herbáceo presenta una composición típica de vegetación de duna costera con alteraciones, donde predominan especies adaptadas a suelos arenosos, alta insolación y condiciones de salinidad, coexistiendo con especies

oportunistas favorecidas por perturbaciones moderadas. La presencia y dominancia de especies características de duna costera indican que, a pesar de las alteraciones observadas, el sitio conserva atributos representativos de este ecosistema.

En conjunto, el análisis del VIR evidencia una comunidad herbácea relativamente diversa y estructuralmente equilibrada, sin una dominancia extrema de una sola especie, condición característica de comunidades costeras que aún mantienen buena parte de su composición florística original.

Tabla IV-3. Valor de Importancia relativa (VIR) del estrato herbáceo.

#	Nombre científico	Nombre común	Cobertura relativa (%)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	VIR
1	*Acanthocereus tetragonus*	Xnumtsuyt suy	1.31	1.37	3.17	5.86
2	*Agave angustifolia*	Ch'elem	4.13	3.91	6.35	14.39
3	*Alternanthera flavescens*	ND	7.96	7.83	6.35	22.14
4	*Ambrosia hispida*	Muuch' kook	12.41	14.09	4.76	31.26
5	*Canavalia rosea*	Frijolillo	9.00	4.31	7.94	21.24
6	*Cenchrus echinatus*	Mul	4.02	4.50	4.76	13.29
7	*Chamaecrista nictitans*	Tamarindillo	0.90	1.37	3.17	5.45
8	*Chloris ciliata*	Yook t'uut'	3.73	4.89	1.59	10.21
9	*Commelina erecta*	Paj ts'a	5.37	6.26	9.52	21.16
10	*Distichlis spicata*	Baakel aak'	13.53	15.85	4.76	34.14
11	*Eragrostis ciliaris*	Sak su'uk	5.03	5.09	1.59	11.71
12	*Euphorbia cyathophora*	Jobon xiiw	1.17	1.17	3.17	5.52

#	Nombre científico	Nombre común	Cobertura relativa (%)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	VIR
13	*Euphorbia mesembrianthemifolia*	Siis ja'	0.93	1.37	3.17	5.47
14	*Flaveria linearis*	K'an lool xiiw	1.46	1.76	3.17	6.40
15	*Hymenocallis littoralis*	Lirio k'aax	2.00	1.17	3.17	6.35
16	*Lantana involucrata*	Sikil ja' xiiw	4.71	4.11	6.35	15.17
17	*Opuntia stricta*	Tsakam	3.10	3.13	4.76	10.99
18	*Passiflora foetida*	Túubok	3.60	1.76	3.17	8.54
19	*Porophyllum punctatum*	Ukíil	6.67	7.24	7.94	21.85
20	*Selenicereus grandiflorus*	Koj kaan	2.22	1.37	3.17	6.77
21	*Waltheria indica*	Sak mis bil	6.74	7.44	7.94	22.11
	TOTAL		**100**	**100**	**100**	**300**

Estrato Arbustivo

Los resultados del análisis del Valor de Importancia Relativa (VIR) permiten identificar la contribución ecológica de las especies que integran el estrato arbustivo, considerando conjuntamente la cobertura relativa, la densidad relativa y la frecuencia relativa registradas en los siete cuadrantes de 25 m² establecidos en la vegetación de duna costera con alteraciones.

En este estrato se registraron 14 especies. La suma de los valores relativos de cobertura, densidad y frecuencia fue de 300, conforme al procedimiento metodológico empleado.

Las especies con mayor Valor de Importancia Relativa fueron Tara vesicaria, con un VIR de 41.52; Metopium brownei, con 35.00; Coccoloba uvifera, con 27.27; Leucaena leucocephala, con 25.86; Cocos nucifera, con 22.17; Gossypium hirsutum, con 21.98; Bravaisia berlandieriana, con 20.56; y Bonellia macrocarpa, con 20.44.

La especie Tara vesicaria presentó el mayor VIR al registrar la mayor cobertura relativa (18.07 %) y una elevada densidad relativa (13.45 %), además de una frecuencia relativa de 10.00 %, lo que refleja una amplia distribución dentro del área evaluada. Por su parte, Metopium brownei obtuvo el segundo valor más alto de importancia ecológica, debido a la combinación de una cobertura relativa de 12.41 %, una densidad relativa de 10.08 % y la mayor frecuencia relativa registrada (12.50 %).

Asimismo, Coccoloba uvifera, especie característica de la vegetación de duna costera, presentó un VIR de 27.27, mientras que Bonellia macrocarpa, Bravaisia berlandieriana y Gossypium hirsutum también mostraron una participación importante dentro de la estructura del estrato arbustivo.

Las especies con menor Valor de Importancia Relativa fueron Capparis pachaca (8.01), Quadrella incana (11.29), Sideroxylon americanum (13.38) y Cordia sebestena (15.50), cuyos valores reflejan una menor abundancia y cobertura relativa en comparación con las especies dominantes.

Desde el punto de vista ecológico, la composición del estrato arbustivo corresponde a una vegetación de duna costera con alteraciones, donde predominan especies nativas propias del litoral y de ambientes costeros de la Península de Yucatán. La presencia de especies como Tara vesicaria, Metopium brownei, Coccoloba uvifera, Bonellia macrocarpa, Bravaisia berlandieriana y Sideroxylon americanum confirma que la comunidad conserva elementos característicos del ecosistema, aunque la presencia de Leucaena leucocephala y Cocos nucifera evidencia cierta influencia antrópica.

En términos generales, el análisis del VIR indica que el estrato arbustivo mantiene una estructura dominada principalmente por especies nativas de duna costera, con una distribución relativamente equilibrada entre las especies de mayor importancia ecológica. Lo anterior sugiere que, a pesar de las alteraciones presentes en el sitio, la comunidad vegetal conserva una composición representativa y funcional del ecosistema de duna costera.

Tabla IV-4. Valor de Importancia relativa (VIR) del estrato arbustivo.

#	Nombre científico	Nombre común	Cobertura relativa (%)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	VIR
1	*Bonellia macrocarpa*	Chak sik'iix le'	5.37	7.56	7.50	20.44
2	*Bravaisia berlandieriana*	Julub	2.93	15.13	2.50	20.56
3	*Capparis pachaca*	Chooch kitam	0.49	2.52	5.00	8.01
4	*Coccoloba uvifera*	Ni' che'	12.21	7.56	7.50	27.27
5	*Cocos nucifera*	Coco	14.65	2.52	5.00	22.17
6	*Cordia sebestena*	K'opte	7.98	2.52	5.00	15.50
7	*Crossopetalum rhacoma*	ND	3.09	8.40	7.50	19.00
8	*Gossypium hirsutum*	Taman ch'up	3.58	8.40	10.00	21.98
9	*Leucaena leucocephala*	Waxim	9.12	9.24	7.50	25.86
10	*Malvaviscus arboreus*	Bisil	1.30	6.72	10.00	18.03
11	*Metopium brownei*	Cheechem	12.41	10.08	12.50	35.00
12	*Quadrella incana*	Bojk'anche'	2.93	3.36	5.00	11.29
13	*Sideroxylon americanum*	Mulche'	5.86	2.52	5.00	13.38

#	Nombre científico	Nombre común	Cobertura relativa (%)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	VIR
14	*Tara vesicaria*	Ya'ax k'iin che'	18.07	13.45	10.00	41.52
	TOTAL		**100**	**100**	**100**	**300**

Resultados de los valores obtenidos de Diversidad florística por estrato en los sitios de la cuenca.

Fórmula para calcular el índice de Shannon Wiener (H'):
H'=-Σpi ln pi

Donde:
H'= contenido de la información de la muestra.
Pi=proporción de la muestra que pertenecen a la especie i.

Para conocer la distribución de los individuos entre las especies registradas por grupo diamétrico se calculó el índice de Equidad de Pielou (Moreno, 2001).

Índice de Equidad de Pielou.
E= H/Hmax,

Donde:
E=Equidad
H=Diversidad de especies
Hmax= Diversidad de especies máxima= logS

En las siguientes tablas, se presentan los valores de diversidad de especies (Índice de Shannon-Wiener) en los dos estratos de la vegetación de las especies registradas en las unidades de muestreo que se registraron en los sitios de la cuenca. La equitatividad (E) puede entenderse como que: tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies (Newman, 2003). Esto es, refleja la distribución de individuos entre

especies (Clements y Newman, 2002). Se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies.

Los resultados obtenidos en el caso del estrato herbáceo se muestran a continuación.

Tabla IV-5. Diversidad (H'), Equidad de las especies del estrato herbáceo.

#	Nombre científico	Nombre común	Densidad (ha)	Abund rel (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
1	*Acanthocereus tetragonus*	Xnumtsuyt suy	400	0.0137	-4.2905	0.0588
2	*Agave angustifolia*	Ch'elem	1143	0.0391	-3.2406	0.1268
3	*Alternanthera flavescens*	ND	2286	0.0783	-2.5475	0.1994
4	*Ambrosia hispida*	Muuch' kook	4114	0.1409	-1.9597	0.2761
5	*Canavalia rosea*	Frijolillo	1257	0.0431	-3.1453	0.1354
6	*Cenchrus echinatus*	Mul	1314	0.0450	-3.1009	0.1396
7	*Chamaecrista nictitans*	Tamarindillo	400	0.0137	-4.2905	0.0588
8	*Chloris ciliata*	Yook t'uut'	1429	0.0489	-3.0175	0.1476
9	*Commelina erecta*	Paj ts'a	1829	0.0626	-2.7706	0.1735
10	*Distichlis spicata*	Baakel aak'	4629	0.1585	-1.8419	0.2920
11	*Eragrostis ciliaris*	Sak su'uk	1486	0.0509	-2.9783	0.1515
12	*Euphorbia cyathophora*	Jobon xiiw	343	0.0117	-4.4446	0.0522
13	*Euphorbia mesembrianthemifolia*	Siis ja'	400	0.0137	-4.2905	0.0588
14	*Flaveria linearis*	K'an lool xiiw	514	0.0176	-4.0391	0.0711
15	*Hymenocallis littoralis*	Lirio k'aax	343	0.0117	-4.4446	0.0522
16	*Lantana involucrata*	Sikil ja' xiiw	1200	0.0411	-3.1918	0.1312
17	*Opuntia stricta*	Tsakam	914	0.0313	-3.4638	0.1085
18	*Passiflora foetida*	Túubok	514	0.0176	-4.0391	0.0711
19	*Porophyllum punctatum*	Ukíil	2114	0.0724	-2.6255	0.1901

#	Nombre científico	Nombre común	Densidad (ha)	Abund rel (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
20	*Selenicereus grandiflorus*	Koj kaan	400	0.0137	-4.2905	0.0588
21	*Waltheria indica*	Sak mis bil	2171	0.0744	-2.5988	0.1933
	TOTAL		**29200**		**H' Calculada**	2.7467
					H' maxima=Ln (S)	3.0445
					Equidad (J)=H / H MAX	0.9022

El estrato herbáceo registró una riqueza específica de 21 especies, con una densidad total estimada de 29,200 individuos por hectárea. A partir de la abundancia relativa de cada especie se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener, obteniéndose un valor de H' = 2.7467.

La diversidad máxima posible para este estrato, considerando la riqueza registrada, fue de H' máxima = 3.0445, correspondiente al logaritmo natural del número de especies. Asimismo, se obtuvo una equidad (J) de 0.9022, lo que indica que los individuos presentan una distribución relativamente uniforme entre las especies registradas, aunque existe una ligera dominancia de algunas de ellas.

Las especies con mayor abundancia relativa fueron Distichlis spicata (0.1585), Ambrosia hispida (0.1409), Alternanthera flavescens (0.0783), Waltheria indica (0.0744) y Porophyllum punctatum (0.0724). Estas especies constituyen los principales componentes del estrato herbáceo y aportan una proporción importante de la abundancia total de la comunidad, sin llegar a generar una dominancia marcada.

De acuerdo con el valor obtenido de H' = 2.7467, el estrato herbáceo presenta una diversidad alta, cercana a la diversidad máxima esperada para el número de especies registradas. El valor de equidad superior a 0.90 indica que la comunidad mantiene una distribución relativamente homogénea de los individuos entre las diferentes especies.

Desde el punto de vista ecológico, la composición florística corresponde a una vegetación de duna costera con alteraciones, donde predominan especies herbáceas nativas adaptadas a suelos arenosos y ambientes costeros, como Distichlis spicata, Canavalia rosea y Hymenocallis littoralis, acompañadas por especies propias de

vegetación secundaria y áreas con perturbación moderada. La coexistencia de estas especies evidencia que, pese a las modificaciones presentes en el sitio, la comunidad conserva una composición representativa del ecosistema de duna costera.

En conclusión, el estrato herbáceo presenta una riqueza florística considerable, una diversidad elevada y una equidad alta, reflejando una comunidad vegetal relativamente estable y bien estructurada, donde la dominancia de algunas especies no limita la diversidad general del ecosistema.

Los resultados obtenidos en el caso del estrato arbustivo se muestran a continuación.

Tabla IV-6. Diversidad (H'), Equidad de las especies del estrato arbustivo.

#	Nombre científico	Nombre común	Densidad (ha)	Abund rel (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
1	*Bonellia macrocarpa*	Chak sik'iix le'	514	0.0756	-2.5819	0.1953
2	*Bravaisia berlandieriana*	Julub	1029	0.1513	-1.8888	0.2857
3	*Capparis pachaca*	Chooch kitam	171	0.0252	-3.6805	0.0928
4	*Coccoloba uvifera*	Ni' che'	514	0.0756	-2.5819	0.1953
5	*Cocos nucifera*	Coco	171	0.0252	-3.6805	0.0928
6	*Cordia sebestena*	K'opte	171	0.0252	-3.6805	0.0928
7	*Crossopetalum rhacoma*	ND	571	0.0840	-2.4765	0.2081
8	*Gossypium hirsutum*	Taman ch'up	571	0.0840	-2.4765	0.2081
9	*Leucaena leucocephala*	Waxim	629	0.0924	-2.3812	0.2201
10	*Malvaviscus arboreus*	Bisil	457	0.0672	-2.6997	0.1815
11	*Metopium brownei*	Cheechem	686	0.1008	-2.2942	0.2313
12	*Quadrella incana*	Bojk'anche'	229	0.0336	-3.3928	0.1140

#	Nombre científico	Nombre común	Densidad (ha)	Abund rel (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
13	*Sideroxylon americanum*	Mulche'	171	0.0252	-3.6805	0.0928
14	*Tara vesicaria*	Ya'ax k'iin che'	914	0.1345	-2.0065	0.2698
	TOTAL		**6800**		**H' Calculada**	2.4804
					H' maxima=Ln (S)	2.6391
					Equidad (J)=H / H MAX	0.9399

El estrato arbustivo registró una riqueza específica de 14 especies, con una densidad total estimada de 6,800 individuos por hectárea. El índice de diversidad de Shannon-Wiener calculado fue de H' = 2.4804.

La diversidad máxima posible para este estrato fue de H' máxima = 2.6391, correspondiente al logaritmo natural del número de especies registradas. Asimismo, la equidad (J) alcanzó un valor de 0.9399, indicando una distribución muy uniforme de los individuos entre las especies presentes.

Las especies con mayor abundancia relativa fueron Bravaisia berlandieriana (0.1513), Tara vesicaria (0.1345), Metopium brownei (0.1008), Leucaena leucocephala (0.0924), Crossopetalum rhacoma y Gossypium hirsutum (0.0840 cada una), seguidas por Bonellia macrocarpa y Coccoloba uvifera (0.0756). Aunque estas especies presentan una mayor abundancia relativa, ninguna domina ampliamente sobre el resto de la comunidad.

El valor de H' = 2.4804 indica que el estrato arbustivo presenta una diversidad moderadamente alta, muy cercana al límite de una diversidad alta, mientras que la elevada equidad demuestra que la distribución de individuos entre las especies es homogénea y que no existe una dominancia marcada.

Desde el punto de vista ecológico, la composición del estrato arbustivo corresponde a una vegetación de duna costera con alteraciones, integrada principalmente por especies nativas características del litoral de la Península de Yucatán, como Metopium brownei, Tara vesicaria, Bonellia macrocarpa, Coccoloba uvifera, Bravaisia berlandieriana y Sideroxylon americanum. La presencia de algunas especies asociadas a disturbio, como Leucaena leucocephala y Cocos nucifera, refleja la influencia de actividades humanas, aunque éstas no modifican de manera significativa la estructura general de la comunidad.

En conclusión, el estrato arbustivo presenta una riqueza específica moderada, una diversidad elevada y una equidad alta, características que evidencian una comunidad vegetal bien estructurada y relativamente equilibrada. A pesar de las alteraciones presentes en el sitio, la vegetación conserva una composición representativa del ecosistema de duna costera, manteniendo especies nativas que desempeñan funciones importantes en la estabilidad ecológica y en la conservación de este tipo de hábitat.

- **Especies endémicas registradas.**

En los muestreos de la microcuenca se registraron dos especies endémicas: *Selenicereus grandiflorus, y Sideroxylon americanum* sin embargo, se registró una especie especie exótica, en cuanto a especies protegidas se registró a *Gossypium hirsutum* como Protección especial de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010

B) FAUNA TERRESTRE

III.2.2 Caracterización de la fauna en el sistema ambiental (SA)

La distribución de la fauna en el Estado de Yucatán responde a un patrón determinado por las comunidades vegetales que le dan sustento y por las variables climáticas de la región. De esta forma, la mayor diversidad de todos los grupos se concentra en las porciones centrales y sur de la península.

En el caso de los anfibios, se reportan 2 órdenes, 7 familias, 10 géneros y 14 especies, seis de las cuales corresponden a la familia Hylidae (ranas arborícolas). Destaca además la salamandra de Yucatán (*Bolitoglossa yucatana*) por su distribución restringida a la región Golfo de la Península.

En el caso de los reptiles, se reportan 3 órdenes, 19 familias, 51 géneros y 68 especies. La familia mejor representada, con 31 especies es la Colubridae. Destaca en este grupo el número de endemismos con 7 en la región costera del Estado. En lo que se refiere a las aves, es con mucho el grupo de vertebrados más numeroso, tanto de residentes como migratorias, de las que, solamente en la región costera se reportan entre 290 y 300 especies acuáticas y terrestres.

Con relación a los mamíferos, 94 son las especies reportadas en la región costera del Estado, siendo la más abundante la del orden Quiróptera con 43 especies, los roedores con 20 y carnívoros con 15.

Dada la extensión del sistema ambiental en la que se incluye el proyecto, esta descripción se considera válida y aplicable. En cuanto a las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 que habitan la cuenca, se pueden mencionar especies que destacan por su estado de conservación debido a estar categorizadas como especies en Peligro de Extinción, y se enlistan los siguientes: el jaguar (*Felis onca*); el ocelote (*Felis pardalis*); el tigrillo (*F. wiedii*); el mono araña (*Ateles geoffroyi*); el tapir (*Tapirus bairdi*). Todas ellas con presencia en la cuenca y en peligro de extinción.

Cabe señalar que todas estas especies mencionadas en el párrafo anterior cuentan con registros de existencia en la superficie total de la cuenca; no obstante, específicamente en la zona de influencia del proyecto no se registraron avistamientos ni se localizaron rastros, excretas o algún indicio que permita determinar la presencia de estas especies.

De igual manera que en los muestreos de flora, realizar muestreos en predios particulares dentro de la cuenca o en los alrededores del predio resulta poco práctico, el promovente no tiene otro predio de su propiedad con la misma superficie de cambio de uso de suelo, para realizar muestreos con fines comparativos en sitios cercanos a los sitios de muestreo de flora, siendo la comparativa la superficie de muestreo y no la superficie de cuenca.

Técnicas de muestreo y registro

Los recorridos se realizaron durante dos días, de 7 a 13 hrs. Las técnicas aplicadas para el muestreo y registro de los grupos faunísticos se describen a continuación:

- **Anfibios y Reptiles.-** Para el registro mediante observación directa de estos grupos se realizaron recorridos por el área de afectación y sus colindancias, tanto en áreas de vegetación como en áreas sin cobertura significativa. Se removieron piedras y herbáceas y se revisaron troncos y ramas de vegetación en pie para el registro de estas especies.

- **Aves.-** Se realizaron recorridos para observación directa de especies. Para un registro más completo se consideraron las especies detectadas en las colindancias inmediatas ya que dado el área de actividad de las mismas, su presencia en el área de afectación es muy probable. Se consideraron todos los organismos en vuelo, perchados y en el suelo. En general se siguieron las mismas rutas del muestreo para anfibios y reptiles.

- **Mamíferos.-** El objetivo de los recorridos aplicados a este grupo animal, fue el lograr la observación directa de especies o bien, su registro indirecto mediante rastros tales como madrigueras, pelos, excretas y cráneos. En general se siguieron las rutas de muestreo utilizadas para los otros grupos animales, verificando la presencia de mastofauna en el sustrato o en vegetación.

Se realizó un transecto de 260 m con un ancho variable, para anfibios y reptiles en ancho fue de 4 m, para mamíferos el ancho fue de 20 m y para aves el ancho fue de 10 m, debido a lo reducido del transecto ya que fue la misma dimensión que el área del proyecto para poder ser comparados, se realizaron 3 repeticiones.



Figura IV.21. Ubicación del transecto.

Tabla IV.11. Coordenadas del transecto (UTM, zona 16Q)

VÉRTICE	X	Y
1	242,111.2972	2,359,125.2321
2	242,111.0594	2,359,139.1753
3	242,110.4401	2,359,163.3650
4	242,112.2945	2,359,176.7103
5	242,129.5158	2,359,191.6273
6	242,165.0374	2,359,209.5643
7	242,197.8325	2,359,217.2960
8	242,213.0879	2,359,212.3820
9	242,224.0924	2,359,200.7800
10	242,208.8727	2,359,174.3185
11	242,188.3463	2,359,156.1045
12	242,163.3253	2,359,147.1292

Listado faunístico

Como resultado de los muestreos realizados, se logró el registro (con evidencia directa de la ocurrencia) de las siguientes especies.

Tabla IV.12. Especies de fauna registradas en el área del proyecto y en sus colindancias inmediatas.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
REPTILES		
Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa
Phrynosomatidae	*Sceloporus chrysostictus*	Merech
Polychrotidae	*Anolis rodriguezi*	Lagartija
Polychrotidae	*Anolis sagrei*	Lagartija café
Teiidae	*Aspidoscelis angusticeps*	Huico yucateco
AVES		
Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote Aura
Columbidae	*Columbina talpacoti*	Tórtola rojiza
Columbidae	*Zenaida asiática*	Paloma ala blanca
Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero Pijuy
Icteridae	*Dives dives*	Tordo Cantor
Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano
Mimidae	*Mimus gilvus*	Centzontle tropical
Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita azul gris
Trochilidae	*Amazilia rutila*	Colibrí Canelo
Tyrannidae	*Myozetetes similis*	Luis gregario
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano Pirirí
MAMÍFEROS		
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris
Didelphidae	*Didelphis marsupialis*	Tlacuache común
Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache

En total se encontraron 21 especies en el sitio del proyecto, cinco de reptiles, 13 de aves, y tres mamíferos, no se registraron especies de anfibios.

La mayor parte de las especies observadas son comunes en la región. De manera general, el predio alberga fauna tolerante a las acciones antropogénicas y que se ha adaptado al impacto producido en el sitio.

Fauna de importancia en el sitio

Se registró una especie endémica (*Sceloporus chrysostictus*) y *Ctenosaura similis* enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, como Ameazada.

A continuación, se presentan los valores de diversidad de los grupos de fauna reportados:

ANFIBIOS

Durante los recorridos realizados a lo largo del transecto lineal, no se registraron especies pertenecientes al grupo de los anfibios. La ausencia de registros puede estar relacionada con las condiciones ambientales presentes durante el muestreo, la limitada disponibilidad de cuerpos de agua temporales o permanentes, así como con el grado de alteración del sitio, factores que reducen la probabilidad de presencia de especies de este grupo, cuya actividad depende en gran medida de condiciones de mayor humedad.

REPTILES

Se registraron cinco especies, tal como se observa en esta tabla.

Tabla IV.13. Diversidad del grupo de reptiles.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REGISTROS	ABUNDANCIA RELATIVA	Ln(pi)	V=-(pi) x Ln (pi)
Ctenosaura similis	Iguana negra de cola espinosa	2	0.1053	-2.2513	-0.2370
Sceloporus chrysostictus	Merech	4	0.2105	-1.5581	-0.3280
Anolis rodriguezi	Lagartija	2	0.1053	-2.2513	-0.2370
Anolis sagrei	Lagartija café	4	0.2105	-1.5581	-0.3280

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REGISTROS	ABUNDANCIA RELATIVA	Ln(pi)	V=-(pi) x Ln (pi)
Aspidoscelis angusticeps	Huico yucateco	7	0.3684	-0.9985	-0.3679
		19			**1.4979**

Tabla IV.14. Resumen de los parámetros de diversidad del grupo de reptiles.

REPTILES	
RIQUEZA (S)	5
H' CALCULADA	1.4979
H' MAXIMA=Ln (S)	1.6094
EQUIDAD (J)=H / H MAX	0.9307

Durante el muestreo se registraron cinco especies de reptiles, con un total de 19 registros, cuyos resultados de diversidad se presentan en las tablas correspondientes.

El análisis del Índice de Diversidad de Shannon-Wiener arrojó un valor de H' = 1.4979, mientras que la diversidad máxima teórica para las cinco especies registradas fue de H' máxima = 1.6094. Asimismo, se obtuvo una equidad (J) de 0.9307, valor cercano a la unidad, lo que indica una distribución relativamente homogénea de los individuos entre las especies registradas.
La especie con mayor abundancia relativa fue *Aspidoscelis angusticeps* (Huico yucateco), con 7 registros y una abundancia relativa de 0.3684, seguida de *Sceloporus chrysostictus* y *Anolis sagrei*, ambas con 4 registros (0.2105). Por su parte, *Ctenosaura similis* y *Anolis rodriguezi* registraron dos individuos cada una, representando una abundancia relativa de 0.1053.

El valor de diversidad obtenido indica que la comunidad de reptiles presenta una diversidad moderada, característica de sitios con vegetación costera parcialmente perturbada, donde coexisten especies ampliamente adaptadas a ambientes abiertos y zonas con cobertura arbustiva. Por otra parte, el elevado valor de equidad evidencia que, aunque *Aspidoscelis angusticeps* fue la especie más abundante, no existe una dominancia marcada dentro de la comunidad, ya que la abundancia de las restantes especies se mantiene relativamente equilibrada.

En términos ecológicos, la composición registrada corresponde principalmente a especies generalistas y endémicas de la Península de Yucatán adaptadas a ambientes

de duna costera y vegetación secundaria, lo que refleja que el sitio aún conserva condiciones favorables para este grupo faunístico.

AVES

En cuanto al grupo de aves, los resultados son los siguientes.

Tabla IV.15. Diversidad del grupo de aves.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REGISTROS	ABUNDANCIA RELATIVA	Ln(pi)	V=-(pi) x Ln (pi)
Cathartes aura	Zopilote Aura	3	0.0588	-2.8332	-0.1667
Columbina talpacoti	Tórtola rojiza	4	0.0784	-2.5455	-0.1996
Zenaida asiática	Paloma ala blanca	8	0.1569	-1.8524	-0.2906
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero Pijuy	4	0.0784	-2.5455	-0.1996
Dives dives	Tordo Cantor	3	0.0588	-2.8332	-0.1667
Icterus cucullatus	Calandria Dorso Negro Menor	2	0.0392	-3.2387	-0.1270
Quiscalus mexicanus	Zanate mexicano	4	0.0784	-2.5455	-0.1996
Mimus gilvus	Centzontle tropical	4	0.0784	-2.5455	-0.1996
Polioptila caerulea	Perlita azul gris	3	0.0588	-2.8332	-0.1667
Amazilia rutila	Colibrí Canelo	3	0.0588	-2.8332	-0.1667
Myozetetes similis	Luis gregario	5	0.0980	-2.3224	-0.2277
Pitangus sulphuratus	Luis bienteveo	5	0.0980	-2.3224	-0.2277
Tyrannus melancholicus	Tirano Pirirí	3	0.0588	-2.8332	-0.1667
		51			**2.5048**

Tabla IV.16. Resumen de los parámetros de diversidad del grupo de aves.

AVES	
RIQUEZA (S)	13
H' CALCULADA	2.5048
H' MAXIMA=Ln (S)	2.5649
EQUIDAD (J)=H / H MAX	0.9766

Durante los recorridos efectuados se registraron 13 especies de aves, con un total de 51 registros, constituyendo el grupo faunístico con mayor riqueza específica observada durante el muestreo.

El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener presentó un valor de H' = 2.5048, mientras que la diversidad máxima posible fue de H' máxima = 2.5649. La equidad (J) fue de

0.9766, valor muy cercano a la unidad, lo que refleja una distribución altamente uniforme de los individuos entre las especies registradas.

La especie con mayor abundancia relativa fue *Zenaida asiática* (Paloma ala blanca), con 8 registros y una abundancia relativa de 0.1569. Le siguieron *Myozetetes similis* (Luis gregario) y *Pitangus sulphuratus* (Luis bienteveo), ambas con 5 registros (0.0980), mientras que *Columbina talpacoti*, *Crotophaga sulcirostris*, *Quiscalus mexicanus* y *Mimus gilvus* registraron cuatro individuos cada una.

De acuerdo con el valor obtenido, la comunidad de aves presenta una diversidad alta, cercana a la diversidad máxima esperada para el número de especies registradas. La elevada equidad demuestra que ninguna especie ejerce una dominancia importante sobre las demás, por lo que la comunidad mantiene una estructura equilibrada.

Estos resultados son característicos de ambientes de vegetación de duna costera con alteraciones, donde coexisten especies residentes generalistas, especies asociadas a áreas abiertas y elementos propios de la vegetación costera. La riqueza registrada sugiere que, a pesar del grado de perturbación existente, el sitio continúa proporcionando recursos alimenticios, sitios de descanso y refugio para diversas especies de aves.

MAMÍFEROS

Se registraron tres especies, tal como se observa en esta tabla.

Tabla IV.17. Diversidad del grupo de mamíferos.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REGISTROS	ABUNDANCIA RELATIVA	Ln(pi)	V=-(pi) x Ln (pi)
Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	1	0.2000	-1.6094	-0.3219
Didelphis marsupialis	Tlacuache común	2	0.4000	-0.9163	-0.3665
Procyon lotor	Mapache	2	0.4000	-0.9163	-0.3665
		5			**1.0549**

Tabla IV.18. Resumen de los parámetros de diversidad del grupo de mamíferos.

MAMÍFEROS	
RIQUEZA (S)	3
H' CALCULADA	1.0549
H' MAXIMA=Ln (S)	1.0986
EQUIDAD (J)=H / H MAX	0.9602

Durante el muestreo realizado se registraron tres especies de mamíferos, con un total de cinco registros.

El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener fue de H' = 1.0549, mientras que la diversidad máxima posible alcanzó un valor de H' máxima = 1.0986. La equidad (J) fue de 0.9602, lo que indica una distribución bastante uniforme de los individuos entre las especies registradas.

Las especies *Didelphis marsupialis* (Tlacuache común) y *Procyon lotor* (Mapache) fueron las más abundantes, con dos registros cada una y una abundancia relativa de 0.4000, mientras que *Urocyon cinereoargenteus* (Zorra gris) registró un individuo, representando una abundancia relativa de 0.2000.

Considerando la riqueza específica registrada, la comunidad de mamíferos presenta una diversidad moderada, con una distribución equilibrada entre las especies observadas. El elevado valor de equidad indica que ninguna especie domina ampliamente sobre las demás, lo cual es consistente con comunidades de mamíferos medianos presentes en ambientes costeros con cierto grado de perturbación.

En términos ecológicos, las especies registradas corresponden a mamíferos oportunistas y de amplia distribución en la Península de Yucatán, capaces de utilizar mosaicos de vegetación secundaria y duna costera alterada. Su presencia indica que el área aún conserva funciones ecológicas importantes como refugio, desplazamiento y búsqueda de alimento para la fauna silvestre.

Caracterización de la fauna silvestre en el predio

La diversidad de especies se encuentra distribuida heterogéneamente. En muchos grupos, el número de especies disminuye al aumentar la latitud o la altitud (Pianka 1966, Kucera 1978, Humphrey y Bonaccorso 1979, Graham 1983). También, el paisaje puede jugar un papel importante; la complejidad del hábitat, determinada por una mayor variación ambiental, sea climática, topográfica o en tipos de vegetación, propicia que los hábitats heterogéneos contengan una mayor riqueza de especies, tanto florística como faunística, en comparación con aquellos hábitats homogéneos (Vargas-Contreras y Hernández-Huerta 2001).

Además, entre los mecanismos que promueven los patrones de distribución se mencionan el cambio de parámetros abióticos (temperatura, humedad, precipitación y altitud), la reducción del área efectiva, la complejidad y la productividad biológica de los hábitats, entre otros factores bióticos correlacionados (Graham 1983, Rosenzweig 1992, Sánchez-Cordero 2001). Sin embargo, los estudios sobre este tema son aún incipientes en México.

Como se ha mencionado, dentro del predio bajo estudio se cuenta con una cobertura de vegetación secundaria de Duna Costera (terreno forestal). Lo que de cierta manera contribuye a la presencia de diversos nichos y áreas de oportunidad para el desarrollo de la fauna silvestre. Esto es relevante puesto que las especies presentes en el área del proyecto son predominantemente las de afinidad terrestre, asociadas a este tipo ecosistema.

Técnicas de muestreo y registro

Los recorridos se realizaron durante dos días, de 7 a 13 hrs. Las técnicas aplicadas para el muestreo y registro de los grupos faunísticos se describen a continuación:

- Anfibios y Reptiles.- Para el registro mediante observación directa de estos grupos se realizaron recorridos por el área de afectación y sus colindancias, tanto en áreas de vegetación como en áreas sin cobertura significativa. Se removieron piedras y herbáceas y se revisaron troncos y ramas de vegetación en pie para el registro de estas especies.

- Aves.- Se realizaron recorridos para observación directa de especies. Para un registro más completo se consideraron las especies detectadas en las colindancias inmediatas ya que dado el área de actividad de las mismas, su presencia en el área de afectación es muy probable. Se consideraron todos los organismos en vuelo, perchados y en el suelo. En general se siguieron las mismas rutas del muestreo para anfibios y reptiles.

- Mamíferos.- El objetivo de los recorridos aplicados a este grupo animal, fue el lograr la observación directa de especies o bien, su registro indirecto mediante rastros tales como madrigueras, pelos, excretas y cráneos. En general se siguieron las rutas de muestreo utilizadas para los otros grupos animales, verificando la presencia de mastofauna en el sustrato o en vegetación.

Se realizó un transecto de 260 m con un ancho variable, para anfibios y reptiles en ancho fue de 4 m, para mamíferos el ancho fue de 20 m y para aves el ancho fue de 10 m, se realizaron 3 repeticiones.

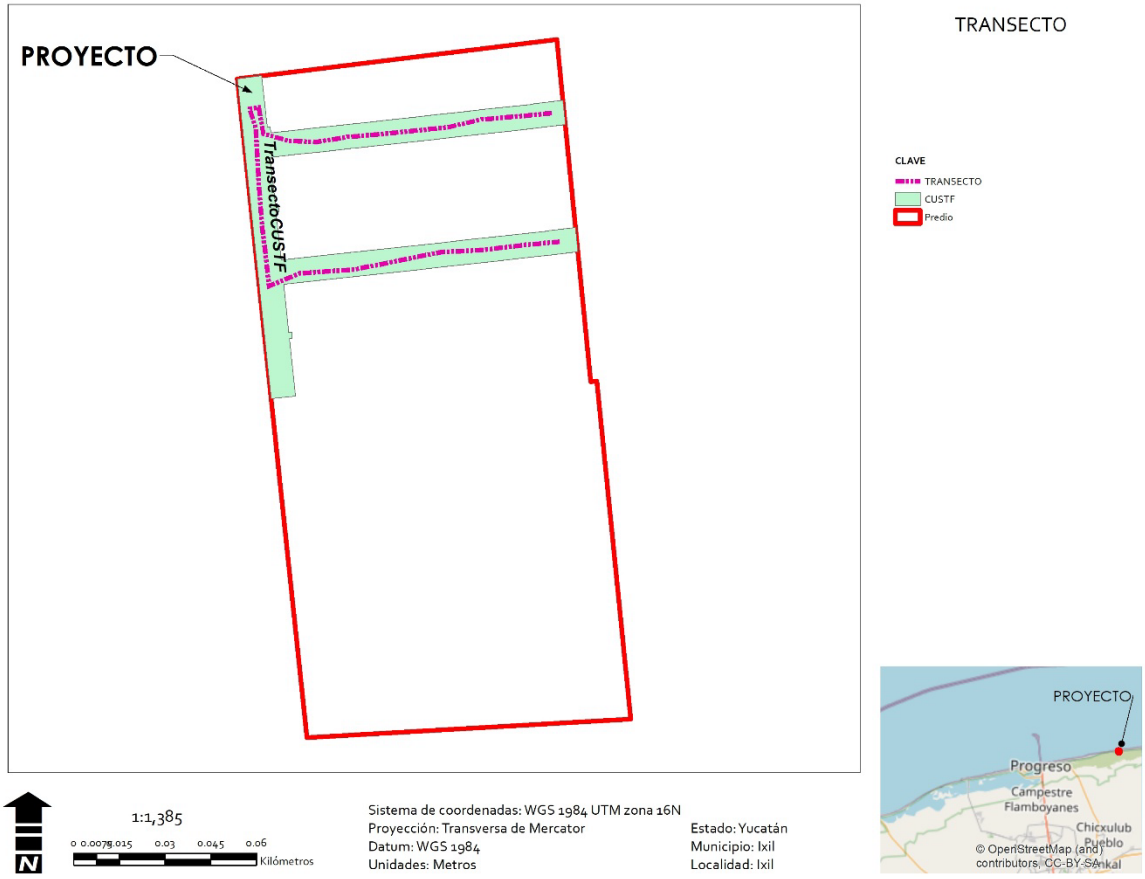

Figura IV.22. Ubicación del transecto.

Tabla IV.19. Coordenadas del transecto.

VÉRTICE	X	Y
1	242079.8939	2359184.4830
2	242068.4716	2359183.3681
3	242056.8068	2359182.4243
4	242045.6404	2359179.7773
5	242020.5996	2359177.2842
6	242012.7110	2359176.6647
7	242002.4125	2359174.9942
8	241993.2532	2359175.3542
9	241985.0125	2359177.6955
10	241983.3793	2359186.3175
11	241980.4493	2359185.8663
12	241982.4177	2359179.6612
13	241983.5357	2359159.7521
14	241984.4571	2359148.2143
15	241986.8581	2359127.5983
16	241996.9757	2359131.7593
17	242015.0003	2359133.0303
18	242043.4695	2359138.7621
19	242057.2462	2359139.4521
20	242072.3081	2359141.2496
21	242082.5604	2359142.1641

Listado faunístico

Como resultado de los muestreos realizados, se logró el registro (con evidencia directa de la ocurrencia) de las siguientes especies.

Tabla IV.20. Especies de fauna registradas en el área del proyecto y en sus colindancias inmediatas.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
REPTILES		
Phrynosomatidae	*Sceloporus chrysostictus*	Merech
Polychrotidae	*Anolis rodriguezi*	Lagartija
Teiidae	*Aspidoscelis angusticeps*	Huico yucateco
AVES		
Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote Aura
Columbidae	*Columbina talpacoti*	Tórtola rojiza
Columbidae	*Zenaida asiática*	Paloma ala blanca
Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero Pijuy
Icteridae	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor
Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano
Mimidae	*Mimus gilvus*	Centzontle tropical
Trochilidae	*Amazilia rutila*	Colibrí Canelo
Tyrannidae	*Myozetetes similis*	Luis gregario
Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo
Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano Pirirí
MAMÍFEROS		
Didelphidae	*Didelphis marsupialis*	Tlacuache común
Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache

Durante los recorridos de campo realizados en el área sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales se registró un total de 16 especies de vertebrados terrestres, de las cuales tres corresponden a reptiles, 11 a aves y dos mamíferos. No se registraron especies de anfibios ni mamíferos durante los muestreos efectuados.

Es importante señalar que durante los trabajos de campo no se registraron especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, ni especies endémicas de distribución

restringida, ni evidencias de sitios de reproducción, refugio permanente o corredores biológicos de importancia regional. Asimismo, la ausencia de anfibios y mamíferos sugiere que las condiciones actuales del predio ofrecen una disponibilidad limitada de hábitats adecuados para grupos más sensibles a la modificación ambiental.

En términos generales, la fauna registrada corresponde a una comunidad de baja riqueza específica y baja especialización ecológica, integrada principalmente por especies generalistas tolerantes a la perturbación. Lo anterior confirma que el área de estudio se encuentra fuertemente influenciada por actividades urbanas y que las especies presentes poseen una elevada capacidad de adaptación y recolonización en ambientes modificados por el hombre, por lo que los impactos potenciales derivados del proyecto sobre la fauna local se consideran de alcance limitado y predominantemente temporal.

ANFIBIOS

Durante los recorridos de campo y actividades de muestreo realizadas en el área sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales no se registraron especies pertenecientes al grupo de los anfibios.

La ausencia de registros de este grupo es congruente con las características actuales del sitio, el cual corresponde a un predio urbano con predominio de vegetación ruderal, presencia de malezas y una limitada disponibilidad de microhábitats adecuados para anfibios. Estos organismos suelen requerir condiciones específicas de humedad, cuerpos de agua temporales o permanentes, hojarasca abundante, suelos con alta retención de humedad y cobertura vegetal relativamente conservada para llevar a cabo sus actividades de alimentación, refugio y reproducción.

Durante la inspección de campo no se identificaron charcas, depresiones inundables, humedales, cenotes, aguadas u otros cuerpos de agua que pudieran funcionar como sitios potenciales de reproducción para especies de anfibios. Asimismo, la alta

influencia antrópica presente en el predio limita la disponibilidad de refugios naturales y reduce la calidad del hábitat para este grupo faunístico.

Es importante señalar que la ausencia de registros no necesariamente implica la inexistencia absoluta de anfibios en el área, ya que algunas especies pueden presentarse de manera ocasional durante la temporada de lluvias o en periodos de mayor humedad ambiental. Sin embargo, las condiciones actuales del sitio sugieren que, en caso de presentarse, corresponderían a especies generalistas ampliamente distribuidas en ambientes urbanos y periurbanos de la Península de Yucatán.

En términos ecológicos, los resultados obtenidos indican que el predio no constituye un hábitat relevante para la conservación de anfibios y que este grupo presenta una representatividad muy limitada dentro del área de estudio.

REPTILES

Se registraron dos especies, tal como se observa en esta tabla.

Tabla IV.21. Diversidad del grupo de reptiles.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REGISTROS	ABUNDANCIA RELATIVA	Ln(pi)	V=-(pi) x Ln (pi)
Sceloporus chrysostictus	Merech	5	0.4545	-0.7885	-0.3584
Anolis rodriguezi	Lagartija	2	0.1818	-1.7047	-0.3100
Aspidoscelis angusticeps	Huico yucateco	4	0.3636	-1.0116	-0.3679
		11			1.0362

Tabla IV.22. Resumen de los parámetros de diversidad del grupo de reptiles.

REPTILES	
RIQUEZA (S)	3
H' CALCULADA	1.0362

H' MAXIMA=Ln (S)	1.0986
EQUIDAD (J)=H / H MAX	0.9183

Durante los recorridos de campo realizados en el área de estudio se registraron tres especies de reptiles, con un total de 11 registros. A partir de la abundancia relativa de cada especie se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener, obteniéndose un valor de H' = 1.0362.

La diversidad máxima posible para este grupo fue de H' máxima = 1.0986, correspondiente al logaritmo natural del número de especies registradas. Asimismo, la equidad (J) alcanzó un valor de 0.9183, indicando que los individuos presentan una distribución relativamente uniforme entre las especies observadas.

La especie con mayor abundancia relativa fue Sceloporus chrysostictus (Merech), con 45.45 % de los registros, seguida por Aspidoscelis angusticeps (Huico yucateco), con 36.36 %, y Anolis rodriguezi, con 18.18 %. Aunque Sceloporus chrysostictus fue la especie más abundante, la diferencia respecto a las demás no es suficientemente amplia para generar una dominancia marcada dentro de la comunidad.

El valor obtenido de H' = 1.0362 indica que la comunidad de reptiles presenta una diversidad baja, condición atribuible principalmente al reducido número de especies registradas. Sin embargo, el elevado valor de equidad refleja una comunidad relativamente equilibrada, donde las especies presentes participan de manera proporcional en la estructura faunística.
Desde el punto de vista ecológico, las especies registradas son características de la Península de Yucatán y se encuentran asociadas a ambientes abiertos, vegetación secundaria y duna costera con distintos grados de perturbación. En particular, Aspidoscelis angusticeps constituye una especie característica de la región, mientras que Sceloporus chrysostictus y Anolis rodriguezi aprovechan tanto áreas con cobertura vegetal como espacios parcialmente abiertos.

En términos generales, la comunidad de reptiles corresponde a una fauna típica de vegetación de duna costera con alteraciones, integrada por especies nativas adaptadas a condiciones de alta insolación y suelos arenosos. No se registraron especies incluidas en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

AVES

En cuanto al grupo de aves, los resultados son los siguientes.

Tabla IV.23. Diversidad del grupo de aves.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REGISTROS	ABUNDANCIA RELATIVA	Ln(pi)	V=-(pi) x Ln (pi)
Cathartes aura	Zopilote Aura	2	0.0541	-2.9178	-0.1577
Columbina talpacoti	Tórtola rojiza	4	0.1081	-2.2246	-0.2405
Zenaida asiática	Paloma ala blanca	5	0.1351	-2.0015	-0.2705
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero Pijuy	3	0.0811	-2.5123	-0.2037
Icterus cucullatus	Calandria Dorso Negro Menor	3	0.0811	-2.5123	-0.2037
Quiscalus mexicanus	Zanate mexicano	5	0.1351	-2.0015	-0.2705
Mimus gilvus	Centzontle tropical	3	0.0811	-2.5123	-0.2037
Amazilia rutila	Colibrí Canelo	2	0.0541	-2.9178	-0.1577
Myozetetes similis	Luis gregario	6	0.1622	-1.8192	-0.2950
Pitangus sulphuratus	Luis bienteveo	2	0.0541	-2.9178	-0.1577
Tyrannus melancholicus	Tirano Pirirí	2	0.0541	-2.9178	-0.1577
		37			2.3184

Tabla IV.24. Resumen de los parámetros de diversidad del grupo de aves.

AVES	
RIQUEZA (S)	11
H' CALCULADA	2.3184
H' MAXIMA=Ln (S)	2.3979
EQUIDAD (J)=H / H MAX	0.9669

Durante los recorridos de observación se registraron 11 especies de aves, con un total de 37 registros. El análisis de la abundancia relativa permitió obtener un índice de diversidad de Shannon-Wiener de H' = 2.3184.

La diversidad máxima posible para este grupo fue de H' máxima = 2.3979, mientras que la equidad (J) alcanzó un valor de 0.9669, indicando una distribución altamente uniforme de los individuos entre las especies registradas.

La especie con mayor abundancia relativa fue Myozetetes similis (Luis gregario), con 16.22 % de los registros, seguida por Zenaida asiatica (Paloma ala blanca) y Quiscalus mexicanus (Zanate mexicano), ambas con 13.51 %. Columbina talpacoti registró una abundancia relativa de 10.81 %, mientras que Crotophaga sulcirostris, Icterus cucullatus y Mimus gilvus aportaron 8.11 % cada una. El resto de las especies presentaron abundancias menores, contribuyendo al equilibrio general de la comunidad.

El valor de H' = 2.3184 indica que la comunidad de aves presenta una diversidad moderadamente alta, cercana a la diversidad máxima esperada para el número de especies registradas. La elevada equidad evidencia que ninguna especie domina claramente sobre las demás y que la comunidad mantiene una estructura relativamente homogénea.

Desde el punto de vista ecológico, la avifauna registrada corresponde a especies generalistas ampliamente distribuidas en la Península de Yucatán, capaces de utilizar tanto ambientes costeros como vegetación secundaria y zonas parcialmente perturbadas. La presencia de especies insectívoras, granívoras, nectarívoras y carroñeras refleja una disponibilidad relativamente diversa de recursos alimenticios dentro del área de estudio.

En términos generales, la comunidad de aves registrada es representativa de una vegetación de duna costera con alteraciones, donde la modificación parcial del hábitat no ha impedido la permanencia de una comunidad avifaunística

relativamente diversa y equilibrada. Durante el muestreo no se registraron especies incluidas en alguna categoría de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

MAMÍFEROS

Se registraron dos especies, tal como se observa en esta tabla.

Tabla IV.25. Diversidad del grupo de mamiferos.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REGISTROS	ABUNDANCIA RELATIVA	Ln(pi)	V=-(pi) x Ln (pi)
Sceloporus chrysostictus	Merech	5	0.4545	-0.7885	-0.3584
Anolis rodriguezi	Lagartija	2	0.1818	-1.7047	-0.3100
Aspidoscelis angusticeps	Huico yucateco	4	0.3636	-1.0116	-0.3679
		11			1.0362

Tabla IV.26. Resumen de los parámetros de diversidad del grupo de mamíferos.

MAMÍFEROS	
RIQUEZA (S)	3
H' CALCULADA	1.0362
H' MAXIMA=Ln (S)	1.0986
EQUIDAD (J)=H / H MAX	0.9183

Durante las actividades de muestreo y los recorridos de reconocimiento efectuados en el área de estudio no se registraron especies de mamíferos, ni evidencias indirectas de su presencia, tales como huellas, excretas, madrigueras, restos alimenticios o refugios.

La ausencia de registros puede atribuirse a diversos factores, entre ellos el tamaño reducido del área evaluada, el grado de alteración de la vegetación de duna costera y las condiciones propias del periodo de muestreo. Asimismo, muchas especies de

mamíferos presentan hábitos nocturnos, amplios ámbitos de desplazamiento y baja detectabilidad durante recorridos diurnos.

Aunque la vegetación de duna costera puede proporcionar refugio y alimento para pequeños mamíferos y especies de hábitos generalistas, las alteraciones presentes en el sitio disminuyen la disponibilidad de microhábitats adecuados y favorecen únicamente el uso ocasional del área como zona de desplazamiento.
Por lo anterior, la ausencia de registros durante el muestreo no implica necesariamente la inexistencia de mamíferos en el área, sino que refleja la baja probabilidad de detección bajo las condiciones de muestreo realizadas. Asimismo, durante los recorridos no se registraron especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 ni evidencias de refugios o sitios de importancia para la mastofauna regional.

IV.2.3. PAISAJE

La inclusión del paisaje en un estudio de Impacto Ambiental se sustenta en dos aspectos fundamentales: el concepto de paisaje como elemento aglutinador de toda una serie de características del medio físico y la capacidad de asimilación que tiene el paisaje de los efectos derivados del establecimiento del proyecto. La descripción del paisaje encierra la dificultad de encontrar un sistema efectivo para medirlo, dado que en todos los métodos propuestos existe un componente subjetivo.

Los componentes del paisaje pueden sintetizarse en tres aspectos importantes: la visibilidad, la calidad paisajística y la fragilidad visual.

Tabla IV.27. Evaluación del paisaje en el área del proyecto VELAMAR ETAPA 1.

Criterio	Calificación	Sustento
Visibilidad	Baja	El área de estudio es una zona plana sin elevaciones topográficas relevantes, lo que no permite tener una visión panorámica amplia del área. La presencia de vegetación secundaria de duna costera limita la distancia de visibilidad.

Criterio	Calificación	Sustento
Calidad paisajística	Media	El área del proyecto se encuentra colindante con la carretera Progreso-Telchac y con predios rústicos; la presencia de vegetación de duna costera le otorga cierto valor escénico, aunque con afectación antrópica previa.
Fragilidad del paisaje	Media	La vegetación secundaria derivada de Duna Costera, por su densidad y altura, permite absorber parcialmente la introducción de elementos ajenos al paisaje natural, como los del proyecto propuesto.
Frecuencia de presencia humana	Media	El área se localiza adyacente a la carretera Progreso-Telchac, con tráfico regular, y próxima a la localidad de Ixil, lo que genera una presencia humana intermedia en el entorno.
Singularidades paisajísticas	Baja	No existen singularidades paisajísticas notables a excepción de la presencia de vegetación secundaria de Duna Costera y la proximidad al litoral costero.



Figura IV.23. Paisaje del área del proyecto. Arriba: vista panorámica aérea de la vegetación secundaria de Duna Costera. Abajo: Vista aérea de la zona de colindancia con la carretera Progreso-Telchac.

En conclusión, el paisaje del área de estudio presenta una calidad visual media-baja, con una fragilidad media derivada de la presencia de vegetación secundaria de duna costera y la relativa planicie topográfica de la zona. El paisaje no presenta elementos

de alto valor escénico que pudieran verse significativamente afectados por el desarrollo del proyecto.

IV.2.4. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Con la finalidad de obtener datos específicos sobre la población donde se encuentra el predio del proyecto, se utilizó la herramienta del Inventario Nacional de Vivienda del INEGI, la cual permite conocer la información sociodemográfica de un territorio delimitado de acuerdo con el último Censo de Población y Vivienda 2020.

El proyecto se localiza geográficamente en el norte del estado, en la localidad de Ixil, perteneciente al municipio de Ixil, Yucatán. El municipio de Progreso es el municipio colindante de mayor importancia socioeconómica para el área de estudio, por lo que se tomará en cuenta tanto el municipio de Ixil como el de Progreso.

Denominación: Ixil.

Toponimia: Del maya, Ixil se puede derivar del vocablo "Ix" (hembra, femenino) y "Il" (ver), lo que podría traducirse como "lugar donde se ve" o "sitio de mujeres". El municipio fue reconocido como tal en la reestructuración municipal del estado de Yucatán.

Demografía

El municipio de Ixil, de acuerdo con el INEGI Censo de Población y Vivienda 2020, cuenta con una población de 4,327 habitantes, conformada por 2,168 habitantes de sexo femenino y 2,159 del sexo masculino.

Tabla IV.28. Indicadores de población del municipio de Ixil, Yucatán (INEGI 2020).

Indicador	Ixil
Población total	4,327
Población femenina	2,168
Población masculina	2,159
Ratio mujeres/hombres	1.004

Indicador	Ixil
Densidad de población (hab/km²)	~42
Edad mediana	34 años
Promedio de ocupantes por vivienda	3.3

Población Económicamente Activa

Tabla IV.29. Población económicamente activa del municipio de Ixil, Yucatán (INEGI 2020).

Municipio	PEA	Población ocupada	Población desocupada	Pobl. femenina ocupada	Pobl. masculina ocupada
Ixil	1,847	1,821	26	682	1,139

El total de la PEA de Ixil es de 1,847 personas, de las cuales el 98.59% se encuentra ocupada. Las principales actividades económicas del municipio son:

Tabla IV.30. Distribución de la PEA por sector económico en el municipio de Ixil.

Sector	Porcentaje (%)
Primario (agricultura, ganadería, pesca)	14.20
Secundario (minería, manufactura, construcción)	22.80
Terciario (comercio, turismo, servicios)	60.50
Otros/No especificado	2.50

Factores socioculturales

Educación: El municipio de Ixil cuenta con educación básica (preescolar, primaria, secundaria) y tiene acceso a educación media superior en el municipio de Progreso. El índice de analfabetismo en el municipio es del 5.2%, inferior a la media estatal.

Salud: El municipio cuenta con servicio de salud básico a través de clínicas del IMSS-Bienestar y la Secretaría de Salud del estado. Para servicios hospitalarios de mayor complejidad, la población se traslada al municipio de Progreso o a Mérida.

Vivienda: El promedio de ocupantes por vivienda es de 3.3 habitantes, inferior a la media estatal de 3.7. Las viviendas en su mayoría cuentan con servicios básicos de agua, electricidad y drenaje, con un índice de carencias moderado.

Vías de comunicación: El municipio de Ixil se comunica con la Ciudad de Mérida y el municipio de Progreso a través de la carretera federal 27 (Progreso-Telchac), que pasa frente al predio del proyecto en el km 19. Esta vía es la principal ruta de comunicación y comercio para la región costera.

Infraestructura y servicios

El municipio de Ixil cuenta con los siguientes servicios básicos: red de distribución de agua potable, red de alcantarillado, servicio de energía eléctrica (CFE), servicio de recolección de residuos sólidos y alumbrado público. La cobertura de internet y telefonía móvil es media-baja en comparación con el promedio estatal.

IV.2.5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

En la actualidad, el área donde se ubicará el proyecto VELAMAR ETAPA 1 no presenta la vegetación original de duna costera en condición prístina, ya que está dominada por vegetación secundaria de Duna Costera en diferentes grados de recuperación. El área presenta en general un estado de calidad ambiental bajo-medio, derivado de los siguientes factores:

- Por su ubicación en una zona en la cual se han desarrollado o se están desarrollando asentamientos humanos (desarrollos inmobiliarios), que han impactado de manera directa el desarrollo de la vegetación original del área.
- La calidad del aire se encuentra poco impactada, debido principalmente a la presencia de vegetación en el área y a la ausencia de fuentes emisoras de contaminantes relevantes. Sin embargo, el tráfico vehicular en la carretera Progreso-Telchac representa una fuente de emisiones difusas.
- En cuanto a flora, se registró una especie enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010: el Chit (*Thrinax radiata*), clasificada como Amenazada (A). Se registraron tres especies endémicas de la Península de Yucatán: Nopalea gaumeri, Pithecellobium keyense y Sideroxylon americanum.
- Con respecto a la fauna, se observó una especie de la NOM-059-SEMARNAT-2010 categorizada como Amenazada: la iguana rayada (Ctenosaura similis). En cuanto al endemismo, se tiene la presencia de dos especies: el Huico yucateco (Aspidoscelis angusticeps) y el Merech (Sceloporus chrysostictus).
- El tipo de suelo Gleysol, característico de la zona costera norte de Yucatán, se encuentra expuesto a compactación y alteración por el tránsito de vehículos y maquinaria en los predios colindantes.
- La hidrología subterránea en la zona costera es somera (1-3 m de profundidad), lo que representa una vulnerabilidad ante la contaminación si no se implementan medidas adecuadas de manejo de residuos y aguas residuales.

Tabla IV.31. Síntesis del diagnóstico ambiental del área de influencia del proyecto VELAMAR ETAPA 1.

Componente ambiental	Estado actual	Calidad ambiental	Presiones principales
Atmósfera / Calidad del aire	Poco impactada	Alta	Tráfico vehicular en carretera federal 27
Suelo	Gleysol con perturbación moderada	Media	Compactación, pérdida de vegetación, urbanización
Hidrología subterránea	Manto freático somero (1-3 m)	Media	Riesgo de contaminación por actividades humanas
Vegetación / Flora	Secundaria derivada de Duna Costera	Media-baja	Pérdida de cobertura por desarrollo inmobiliario
Fauna	Fauna de ambientes perturbados	Media-baja	Desplazamiento por actividades humanas
Paisaje	Calidad visual media-baja	Media	Urbanización creciente en la zona costera
Aspectos socioeconómicos	En desarrollo; economía terciaria dominante	Media	Demanda de suelo para desarrollos habitacionales

En conclusión, la línea cero del Sistema Ambiental del proyecto VELAMAR ETAPA 1 presenta una calidad ambiental de categoría baja-mediana. Las principales presiones detectadas en el área de influencia son el avance de la urbanización costera y la pérdida de vegetación secundaria de duna costera, las cuales han modificado la estructura y composición de la flora y fauna originales. No obstante, la zona no conforma un área de reproducción y/o alimentación significativa de fauna terrestre relevante o en riesgo, y

los corredores biológicos de importancia del estado de Yucatán se encuentran hacia y en la costa norte, precisamente en los polígonos de las reservas naturales existentes.

El proyecto VELAMAR ETAPA 1 destinará el 26.54% de su superficie total (6,246.16 m² de los 23,532.89 m²) como Área de Conservación, lo cual contribuirá a mantener la conectividad ecológica local y preservar parte de la vegetación secundaria de duna costera existente en el predio.

CONTENIDO

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 2
V.1. Metodología para la Identificación y Evaluación de los Impactos Ambientales 2
V.1.1. Fórmula de Importancia del Impacto 2
V.1.2. Factores Ambientales Evaluados 3
V.1.3. Acciones del Proyecto por Etapa 4
V.2. Identificación de Impactos por Etapa del Proyecto 5
V.2.1. Etapa de Preparación del Sitio 5
V.2.2. Etapa de Construcción 5
V.3. Evaluación y Descripción de los Impactos Significativos 6
V.3.1. Etapa de Preparación del Sitio 7
V.3.2. Etapa de Construcción 9
V.4. Conclusión del Análisis de Impactos 11
V.4.1. Impactos Negativos 11
V.4.2. Efecto Ambiental Positivo del Diseño sin Pavimentación 12

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

V.1. Metodología para la Identificación y Evaluación de los Impactos Ambientales

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales del proyecto VELAMAR ETAPA 1, se empleó una metodología mixta que combina tres herramientas complementarias: a) lista de verificación (checklist), para la identificación preliminar de todas las acciones del proyecto y los factores ambientales susceptibles de ser afectados; b) matriz de doble entrada, para relacionar las acciones del proyecto con los componentes ambientales y determinar la presencia de interacción; y c) Método de Conesa-Fernández Vítora (1997), para la calificación cuantitativa de cada impacto identificado.

La presente reconsideración del Capítulo V responde a la definición precisa del alcance de VELAMAR ETAPA 1, el cual comprende únicamente la construcción de dos vialidades sin pavimentación —con el propósito explícito de mantener la permeabilidad del suelo— y la instalación de red eléctrica por parte de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Este alcance acotado representa una reducción significativa en la magnitud y número de impactos ambientales respecto a escenarios de proyecto integral, y elimina los impactos severos que se generarían en etapas de construcción y operación de un desarrollo habitacional completo.

V.1.1. Fórmula de Importancia del Impacto

La importancia del impacto se calcula con la siguiente expresión:

$$I = \pm(3In + 2Ex + Mo + Pe + Rv + Si + Ac + Ef + Pr + Mc)$$

El signo indica la naturaleza del impacto: negativo (–) o positivo (+). El valor absoluto de I determina la categoría de significancia conforme a la escala presentada en las tablas siguientes.

Tabla V.1. *Criterios de calificación de impactos ambientales (Método Conesa-Fernández Vítora, 1997).*

Criterio	Símbolo	Descripción	Valores posibles
Naturaleza	Na	Carácter del impacto sobre el factor ambiental	+(Positivo) / –(Negativo)
Intensidad	In	Grado de incidencia o destrucción del factor	1(Baja) 2(Media) 4(Alta) 8(Muy alta)
Extensión	Ex	Fracción del medio afectada	1(Puntual) 2(Parcial) 4(Extenso) 8(Total)
Momento	Mo	Plazo de manifestación del impacto	1(Largo) 2(Medio) 4(Inmediato)
Persistencia	Pe	Tiempo de permanencia del efecto	1(Fugaz≤1a) 2(Temporal 1-10a) 4(Permanente)
Reversibilidad	Rv	Reconstrucción del factor por medios naturales	1(Corto) 2(Medio) 4(Irreversible)
Sinergia	Si	Refuerzo de dos o más efectos simples	1(Sin) 2(Sinérgico) 4(Muy sinérgico)
Acumulación	Ac	Incremento progresivo al persistir el agente	1(Simple) 4(Acumulativo)
Efecto	Ef	Relación causa-efecto (directo/indirecto)	1(Indirecto) 4(Directo)
Periodicidad	Pr	Regularidad de manifestación del efecto	1(Irr./discontinuo) 2(Periódico) 4(Continuo)
Recuperabilidad	Mc	Retorno al estado inicial por medios humanos	1(Inmediato) 2(Medio) 4(Mitigable) 8(Irrecuperable)

Tabla V.2. *Escala de significancia de los impactos según el valor de importancia (I).*

Rango de I	Categoría	Descripción
< 25	Irrelevante (Ir)	Impacto de escasa relevancia. No requiere medidas especiales.
25 – 50	Moderado (Mo)	Recuperable sin prácticas correctoras intensas. Requiere medidas de mitigación.
51 – 75	Severo (Sv)	Recuperación exige prácticas correctoras intensas.
> 75	Crítico (Cr)	Pérdida permanente de la calidad ambiental; supera el umbral aceptable.

V.1.2. Factores Ambientales Evaluados

Los factores ambientales seleccionados corresponden a los componentes del Sistema Ambiental con mayor relevancia en el área de influencia del proyecto. Dado el alcance limitado de VELAMAR ETAPA 1, no se incluyen factores de la

etapa operacional (generación de aguas residuales, residuos sólidos urbanos, presencia humana permanente), ya que estas actividades corresponden a etapas posteriores del desarrollo.

Tabla V.3. *Factores ambientales incluidos en la evaluación de impactos.*

Factor ambiental	Descripción
Calidad del aire	Condiciones del aire atmosférico en el área de influencia del proyecto
Suelo – Calidad y erosión	Calidad fisicoquímica y procesos de degradación o erosión del suelo
Suelo – Compactación	Grado de compactación superficial por tránsito de maquinaria o compactación constructiva
Agua subterránea	Calidad e infiltración del manto freático somero (1–3 m) en la zona costera
Vegetación terrestre	Riqueza, cobertura y composición de la vegetación secundaria de Duna Costera
Fauna terrestre	Abundancia, diversidad y distribución de la fauna del ecosistema
Paisaje	Calidad visual y fragilidad del entorno natural en el área de influencia
Socioeconómico – Empleo	Generación de empleos directos e indirectos durante la ejecución de las obras
Socioeconómico – Economía local	Derrama económica por adquisición de materiales, insumos y servicios locales

V.1.3. Acciones del Proyecto por Etapa

Las acciones con potencial de generar impactos se restringen al trazo y construcción de las dos vialidades sin pavimentación y a las obras de instalación de la red eléctrica por CFE. No se evalúan en este capítulo las actividades de desmonte total del predio, construcción de viviendas, instalación de redes de agua potable y drenaje sanitario, ni la operación del desarrollo habitacional, ya que estas actividades serán objeto de evaluación en las etapas subsecuentes.

Tabla V.4. *Acciones del proyecto VELAMAR ETAPA 1 con potencial de generar impactos ambientales.*

Etapa	Acción del proyecto
Preparación del sitio	Desmonte y desbroce restringido al trazo de las vialidades
Preparación del sitio	Trazo y nivelación del terreno en la zona de vialidades
Preparación del sitio	Retiro y disposición de residuos vegetales del trazo
Construcción	Compactación de base granular para vialidades sin pavimentación
Construcción	Tránsito de maquinaria y equipo de construcción

Construcción	Generación y disposición de residuos sólidos de construcción
Construcción (CFE)	Excavación puntual para cimentación de postes eléctricos
Construcción (CFE)	Instalación de postes y tendido de red eléctrica aérea
Construcción	Contratación de mano de obra local y regional
Construcción	Adquisición de materiales, insumos y servicios locales

V.2. Identificación de Impactos por Etapa del Proyecto

La identificación se realizó mediante matrices de doble entrada que relacionan cada acción con los factores ambientales del Sistema Ambiental. La presencia de interacción se indica con "X"; la ausencia, con espacio en blanco.

V.2.1. Etapa de Preparación del Sitio

Durante la preparación del sitio, las actividades se limitan al desmonte y desbroce del trazo de las dos vialidades y al trazo y nivelación del terreno en esos corredores. El área intervenida en esta etapa es estrictamente la superficie del corredor de cada vialidad, significativamente menor a la del predio total.

Tabla V.5. *Matriz de identificación de impactos — Etapa de preparación del sitio.*

Acción del proyecto	Aire	Suelo calidad	Suelo comp.	Agua sub.	Vegetación	Fauna	Paisaje	Empleo	Econ. local
Desmonte y desbroce del trazo vial	X	X			X	X	X		
Trazo y nivelación del terreno	X	X	X	X		X	X		
Retiro de residuos vegetales del trazo	X	X					X		

V.2.2. Etapa de Construcción

Durante la construcción, las acciones de mayor potencial de impacto son la compactación de la base granular para las vialidades y la instalación de la red eléctrica por CFE. La decisión de no pavimentar las vialidades es determinante en la evaluación: el uso de base granular compactada mantiene la capacidad de infiltración del suelo y evita la impermeabilización superficial que afectaría la recarga del acuífero costero.

Tabla V.6. Matriz de identificación de impactos — Etapa de construcción.

Acción del proyecto	Aire	Suelo calidad	Suelo comp.	Agua sub.	Vegetación	Fauna	Paisaje	Empleo	Econ. local
Compactación base granular sin pavimento		X	X	X					
Tránsito de maquinaria y equipo	X	X	X			X			
Generación y disposición de residuos sólidos		X		X			X		
Excavación para postes eléctricos (CFE)		X	X				X		
Instalación de postes y red eléctrica aérea (CFE)						X	X		
Contratación de mano de obra local								X	X
Adquisición de materiales y servicios locales									X

Tabla V.7. Resumen de interacciones identificadas por etapa del proyecto.

Etapa	Acciones evaluadas	Interacciones negativas	Interacciones positivas	Total
Preparación del sitio	3	8	0	8
Construcción	7	10	2	12
TOTAL	**10**	**18**	**2**	**20**

V.3. Evaluación y Descripción de los Impactos Significativos

A continuación se presenta la calificación cuantitativa de cada impacto identificado mediante la fórmula de Conesa-Fernández Vítora, con su categoría de significancia.

Tabla V.8. Calificación cuantitativa de impactos ambientales — VELAMAR ETAPA 1 (alcance reconsiderado).

ID	Etapa	Acción del proyecto	Factor ambiental	Na	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Si	Ac	Ef	Pr	Mc	I	Significancia
I-01	Prep.	Desmonte y desbroce del trazo	Vegetación terrestre	–	2	1	4	2	2	2	1	4	1	2	**–26**	Moderado
I-02	Prep.	Desmonte y desbroce del trazo	Suelo (calidad)	–	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	**–25**	Moderado

I-03	Prep.	Desmonte y desbroce del trazo	Fauna (desplazamiento)	–	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	**–19**	Irrelevante
I-04	Prep.	Desmonte y desbroce del trazo	Paisaje	–	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	**–25**	Moderado
I-05	Prep.	Trazo y nivelación del terreno	Calidad del aire	–	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	**–16**	Irrelevante
I-06	Prep.	Trazo y nivelación del terreno	Suelo (erosión)	–	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	**–25**	Moderado
I-07	Const.	Compactación base granular sin pavimento	Suelo (compactación)	–	2	1	4	4	4	1	1	4	4	4	**–34**	Moderado
I-08	Const.	Compactación base granular sin pavimento	Agua subterránea (infiltración)	–	1	1	4	4	4	1	1	1	2	4	**–26**	Moderado
I-09	Const.	Tránsito de maquinaria y equipo	Calidad del aire (ruido/emisiones)	–	1	1	4	1	1	1	1	1	2	1	**–17**	Irrelevante
I-10	Const.	Tránsito de maquinaria y equipo	Fauna (ahuyentamiento)	–	1	1	4	1	1	1	1	4	2	1	**–20**	Irrelevante
I-11	Const.	Generación de residuos de construcción	Suelo (contaminación)	–	2	1	4	2	2	2	4	4	2	2	**–30**	Moderado
I-12	Const.	Generación de residuos de construcción	Agua subterránea (contaminación)	–	2	1	4	2	2	2	4	4	2	2	**–30**	Moderado
I-13	Const.	Excavación para postes eléctricos (CFE)	Suelo (perturbación puntual)	–	1	1	4	4	4	1	1	4	4	4	**–31**	Moderado
I-14	Const.	Instalación de postes y red eléctrica (CFE)	Paisaje (impacto visual permanente)	–	2	2	4	4	4	1	1	4	4	2	**–34**	Moderado
I-15	Const.	Contratación de mano de obra local	Socioeconómico (empleo)	+	2	2	4	2	1	2	4	4	4	1	**+32**	Moderado
I-16	Const.	Adquisición de materiales y servicios	Socioeconómico (derrama económica)	+	1	2	4	2	1	2	4	4	4	1	**+29**	Moderado

V.3.1. Etapa de Preparación del Sitio

I-01 e I-02 — Desmonte y desbroce del trazo vial: Vegetación y suelo (MODERADO: –26 y –25).

El desmonte y desbroce se circunscribe exclusivamente a los corredores de las dos vialidades, sin afectar la totalidad del predio. La vegetación secundaria de Duna Costera dentro del trazo será removida, lo que genera un impacto MODERADO sobre la cobertura vegetal (I-01; I = –26) y la calidad del suelo (I-02; I = –25). La extensión del impacto es puntual —correspondiente al ancho del corredor vial—, lo que reduce significativamente la magnitud respecto a un desmonte total. La vegetación en el resto del predio permanece intacta en esta etapa. El impacto es mitigable mediante el rescate previo de individuos de Thrinax radiata presentes en el trazo y la delimitación precisa del área de intervención.

I-03 — Desplazamiento de fauna (IRRELEVANTE: –19).

El desbroce del trazo generará el desplazamiento temporal de las especies faunísticas del corredor. Dado que el área intervenida es puntual y que las especies registradas en el predio —*Anolis sagrei*, *Ctenosaura similis, Quiscalus mexicanus* y *Didelphis marsupialis*— presentan alta plasticidad ecológica, el impacto se califica como IRRELEVANTE (–19). Las especies podrán seguir utilizando las áreas del predio no intervenidas en esta etapa.

I-04 — Alteración del paisaje durante preparación del sitio (MODERADO: –25).

La remoción de vegetación en los corredores viales modificará visualmente el predio en franjas lineales y de anchura limitada. El impacto paisajístico es MODERADO (–25) y reversible a mediano plazo, dado que la vegetación ruderal coloniza rápidamente los bordes de los corredores una vez concluido el desbroce.

I-05 — Calidad del aire durante preparación (IRRELEVANTE: –16).

Las emisiones de polvo y partículas durante el desbroce y nivelación son temporales, puntuales y de corta duración. El impacto sobre la calidad del aire se califica como IRRELEVANTE (–16). Se recomienda el humedecimiento periódico del suelo durante los trabajos para reducir la generación de material particulado.

I-06 — Trazo y nivelación: Erosión del suelo (MODERADO: –25).

El trazo y nivelación del terreno podrán generar erosión eólica e hídrica superficial mientras el suelo permanezca expuesto. El impacto es MODERADO (–25) y mitigable mediante la ejecución ágil de las obras de base granular inmediatamente después del trazo, reduciendo el tiempo de exposición del suelo desnudo.

V.3.2. Etapa de Construcción

I-07 — Compactación de base granular para vialidades sin pavimentación: Suelo (MODERADO: –34).

La compactación de la base granular produce una reducción en la porosidad del suelo en el área de los corredores viales. Sin embargo, a diferencia de la pavimentación con concreto o asfalto, la base granular compactada mantiene cierta capacidad de infiltración al conservar espacios interparticulares que permiten el paso de agua pluvial. El impacto se califica como MODERADO (–34). Este valor contrasta significativamente con el impacto equivalente de una pavimentación convencional, que en el escenario de proyecto integral se calificaría como SEVERO (–52). La decisión de no pavimentar reduce el impacto sobre la compactación del suelo en aproximadamente el 35%.

I-08 — Compactación base granular sin pavimentación: Permeabilidad e infiltración (MODERADO: –26).

La ausencia de pavimentación es el elemento de mayor relevancia ambiental del diseño de VELAMAR ETAPA 1. La base granular compactada, al no generar una capa impermeable superficial, permite la infiltración de agua pluvial hacia el manto freático somero (1–3 m de profundidad). El impacto sobre la recarga del acuífero costero es MODERADO (–26). En la evaluación del proyecto integral — con pavimentación de vialidades—, este impacto se calificaba como SEVERO (–56). La reconsideración del alcance del proyecto, con vialidades sin pavimento, transforma este impacto de SEVERO a MODERADO, representando una mejora ambiental cuantificable. El acuífero costero del norte de Yucatán, altamente

vulnerable a la reducción de recarga, se beneficia directamente de esta decisión de diseño.

I-09 e I-10 — Ruido, emisiones y ahuyentamiento de fauna durante construcción (IRRELEVANTE: –17 y –20).

El tránsito de maquinaria pesada generará emisiones temporales de ruido y gases de escape. Ambos impactos son IRRELEVANTES (–17 y –20), discontinuos y de duración limitada a la etapa constructiva. Las especies faunísticas del predio, que ya conviven con el tráfico de la carretera Progreso–Telchac, presentan tolerancia a estos estímulos.

I-11 e I-12 — Generación de residuos de construcción: Suelo y agua subterránea (MODERADO: –30).

La ejecución de las obras generará residuos sólidos de construcción (material de excavación, tubería sobrante, empaques, mezcla de concreto para anclaje de postes). El riesgo de contaminación del suelo y del agua subterránea por manejo inadecuado es MODERADO (–30 en ambos factores) y mitigable mediante la implementación de un Plan de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición conforme a la NOM-161-SEMARNAT-2011.

I-13 — Excavación para postes eléctricos (CFE): Perturbación puntual del suelo (MODERADO: –31).

La instalación de postes eléctricos por la CFE requiere excavaciones puntuales para la cimentación de cada poste. La permanencia de los postes en el sitio confiere al impacto un carácter permanente localizado. El impacto se califica como MODERADO (–31). La CFE ejecutará estas obras conforme a sus protocolos internos y a la normativa aplicable, incluyendo la disposición adecuada del material de excavación y la restauración del entorno inmediato al poste.

I-14 — Instalación de postes y tendido de red eléctrica aérea: Paisaje (MODERADO: –34).

La presencia de postes eléctricos y el tendido de líneas aéreas transforma permanentemente el paisaje del área. El impacto se califica como MODERADO (–

34). En el contexto de la zona costera norte de Yucatán —donde la infraestructura eléctrica aérea es el estándar de la región y existe en toda la zona—, este impacto es inherente al tipo de proyecto y socialmente aceptado. La CFE determinará el trazo y diseño de la red conforme a sus normas internas y a la NOM-001-SEDE-2012 (Instalaciones Eléctricas, Utilización).

I-15 e I-16 — Contratación de mano de obra y derrama económica (MODERADO POSITIVO: +32 y +29).

La ejecución de las obras de vialidad y la instalación de la red eléctrica generarán empleos directos (operadores de maquinaria, peones, electricistas) e indirectos (proveedores de materiales, transporte, servicios locales). Se estima la contratación de 15–25 trabajadores, con preferencia por mano de obra del municipio de Ixil y municipios colindantes. El empleo generado se califica como MODERADO POSITIVO (I-15; I = +32). La derrama económica regional por adquisición de materiales e insumos locales se califica igualmente como MODERADO POSITIVO (I-16; I = +29).

V.4. Conclusión del Análisis de Impactos

Tabla V.9. *Distribución de impactos negativos por categoría de significancia — VELAMAR ETAPA 1.*

Categoría	N° de impactos	Porcentaje (%)	Mayor magnitud
Irrelevante (I < 25)	4	28.6%	I-05: Calidad del aire (–16)
Moderado (25 ≤ I ≤ 50)	10	71.4%	I-07 / I-14: (–34)
Severo (51 < I ≤ 75)	0	0.0%	—
Crítico (I > 75)	0	0.0%	—
TOTAL impactos negativos	**14**	**100%**	
Impactos positivos	2	—	I-15: Empleo (+32)

V.4.1. Impactos Negativos

Del total de 16 impactos evaluados, 14 son de naturaleza negativa y 2 son de naturaleza positiva. Entre los impactos negativos, ninguno alcanza la categoría SEVERO (I > 50) ni CRÍTICO (I > 75). El impacto negativo de mayor magnitud es I-

07/I-14 (I = –34, MODERADO). El 28.6% de los impactos negativos son de categoría IRRELEVANTE y el 71.4% son MODERADOS, lo que indica que el proyecto opera dentro de parámetros ambientalmente manejables.

Este resultado contrasta favorablemente con la evaluación de un proyecto integral, que incluiría tres impactos de categoría SEVERO: compactación del suelo por pavimentación (–52), reducción de la recarga del acuífero por impermeabilización (–56), y generación de aguas residuales en operación (–52). Los dos primeros se eliminan al no existir pavimentación en VELAMAR ETAPA 1; el tercero se elimina al no haber etapa de operación en esta fase del proyecto.

V.4.2. Efecto Ambiental Positivo del Diseño sin Pavimentación

La decisión de diseñar las vialidades de VELAMAR ETAPA 1 sin pavimentación es la medida de diseño ambiental de mayor relevancia del proyecto. En términos cuantitativos, convierte el impacto sobre la recarga del acuífero costero de SEVERO (–56 con pavimento) a MODERADO (–26 sin pavimento), y el impacto por compactación del suelo de SEVERO (–52 con pavimento) a MODERADO (–34 con base granular). Esta decisión es consistente con los principios de gestión integrada de zonas costeras, con los criterios de ordenamiento ecológico del territorio de Yucatán, y con la necesidad de preservar la capacidad de infiltración del acuífero costero del norte del estado.

Tabla V.10. *Balance general del análisis de impactos ambientales — VELAMAR ETAPA 1 (alcance reconsiderado).*

Indicador	Resultado
Total de impactos evaluados	16
Impactos negativos totales	14
— Irrelevantes (I < 25)	4 (28.6%)
— Moderados (25–50)	10 (71.4%)
— Severos (51–75)	0 (0.0%)
— Críticos (> 75)	0 (0.0%)
Impactos positivos	2
Mejora por diseño sin pavimentación	Impacto sobre infiltración: Severo (–56) → Moderado (–26)

Impacto negativo de mayor magnitud	I-07 / I-14: –34 (Moderado)
Impacto positivo de mayor magnitud	I-15: Generación de empleo (+32, Moderado)
Viabilidad ambiental del proyecto	**VIABLE con medidas de mitigación (Capítulo VI)**

En conclusión, el proyecto VELAMAR ETAPA 1 —en su alcance reconsiderado de construcción de dos vialidades sin pavimentación e instalación de red eléctrica por la CFE— es ambientalmente viable. El perfil de impactos resultante no incluye ningún impacto SEVERO ni CRÍTICO. Todos los impactos negativos son MODERADOS o IRRELEVANTES, lo que indica que el proyecto puede ejecutarse sin generar pérdidas permanentes e irrecuperables en la calidad ambiental del Sistema Ambiental, siempre y cuando se implementen las medidas preventivas y de mitigación descritas en el Capítulo VI.

La restricción del alcance de VELAMAR ETAPA 1 a la infraestructura básica de acceso vial y suministro eléctrico representa la estrategia de intervención mínima necesaria para la habilitación del sitio, con el menor impacto ambiental posible en esta etapa del desarrollo.

CONTENIDO

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 3

VI.1. Descripción de las medidas de prevención y mitigación 3

Medida VI-01: Rescate y trasplante de flora NOM-059-SEMARNAT-2010 4

Medida VI-02: Protección del suelo y control de erosión 5

Medida VI-03: Control de polvos, ruido y emisiones vehiculares 6

Medida VI-04: Manejo de residuos sólidos de construcción 7

Medida VI-05: Prevención de contaminación del agua subterránea 8

Medida VI-06: Protección del área de conservación 9

Medida VI-07: Tratamiento de aguas residuales domésticas 10

Medida VI-08: Manejo de residuos sólidos urbanos en operación 11

Medida VI-09: Integración paisajística y conservación del ecosistema 12

Medida VI-10: Educación ambiental a trabajadores y residentes 13

VI.2. Tabla resumen de medidas de mitigación 14

VI.3. Programa de vigilancia ambiental 16

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

El presente capítulo describe las medidas de prevención, mitigación, compensación y corrección de los impactos ambientales identificados y evaluados en el Capítulo V del presente Manifiesto de Impacto Ambiental para el proyecto VELAMAR ETAPA 1. Las medidas han sido diseñadas para prevenir o reducir los impactos negativos, y en su caso potenciar los impactos positivos identificados, garantizando la viabilidad ambiental del proyecto.

Las medidas responden a los impactos calificados como SEVEROS (I-09, I-10, I-17) y MODERADOS, conforme a la metodología Conesa-Fernández Vítora aplicada en el Capítulo V. Las medidas se presentan en fichas técnicas individuales que incluyen su descripción, indicadores de cumplimiento, responsable de aplicación, cronograma y costo estimado.

Tabla VI.1. Tipos de medidas de prevención y mitigación aplicadas al proyecto.

Tipo de medida	Descripción	Aplicación en el proyecto
Preventiva	Evita que ocurra el impacto ambiental antes de que se genere	Rescate de flora NOM-059, capacitación ambiental, delimitación de área de conservación
Mitigación	Reduce la magnitud del impacto sobre el factor ambiental afectado	Control de emisiones, manejo de residuos, tratamiento de aguas residuales
Compensación	Genera una ganancia ambiental equivalente al impacto residual inevitable	Conservación y mantenimiento del 26.54% del predio como área de conservación
Corrección	Restaura las condiciones del factor ambiental afectado a su estado previo	Revegetación con especies nativas de duna costera en el área de conservación

VI.1. DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

A continuación se presentan las fichas técnicas de cada medida de prevención y mitigación propuesta para el proyecto VELAMAR ETAPA 1. Cada ficha describe en detalle la medida correspondiente, el impacto al que responde, los indicadores de cumplimiento y el responsable de su implementación.

Medida VI-01: Rescate, remoción y trasplante de flora bajo NOM-059-SEMARNAT-2010	
Impacto al que responde:	I-01: Pérdida de vegetación por desmonte (Moderado). Específicamente: especies endémicas (*Nopalea gaumeri, Pithecellobium keyense, Sideroxylon americanum*).
Tipo de medida:	Preventiva / Compensatoria
Etapa de aplicación:	Preparación del sitio — previo y durante el desmonte
Descripción técnica de la medida:	
Antes del inicio del desmonte se realizará un inventario detallado de todos los individuos de Thrinax radiata (Chit) presentes en las áreas a desmontar. El inventario incluirá coordenadas GPS, altura total, diámetro del estípite, número de palmas y estado fitosanitario de cada individuo. Se establecerá un vivero temporal en el área de conservación para albergar los individuos rescatados durante el periodo de adaptación. El trasplante se realizará preferentemente en época de lluvias (junio-noviembre) para aumentar la tasa de supervivencia. Los individuos de Thrinax radiata con altura ≤ 2.0 m serán rescatados con cepellón de al menos 50 cm de diámetro, envueltos en yute o rafia y trasladados a la zona de conservación. Los individuos de mayor tamaño serán evaluados individualmente para determinar la viabilidad de su trasplante. Las tres especies endémicas registradas (Nopalea gaumeri, Pithecellobium keyense y Sideroxylon americanum) serán igualmente marcadas, georeferenciadas y rescatadas con cepellón antes del inicio del desmonte. Los individuos que no puedan trasplantarse serán propagados mediante colecta de semillas y esquejes, que se sembrarán en el vivero temporal para posterior reintroducción en el área de conservación.	

Se llevará un registro fotográfico de cada individuo rescatado, así como un seguimiento de su estado fitosanitario a los 30, 60 y 90 días post-trasplante. El registro será anexado al informe de supervisión ambiental.	
Indicadores de cumplimiento:	Inventario pre-desmonte documentado. Lista de individuos rescatados con coordenadas y estado fitosanitario. Tasa de supervivencia ≥ 70% a los 90 días post-trasplante. Fotografías de seguimiento.
Responsable:	Responsable ambiental del proyecto (PICH Consultoría Ambiental). Supervisión: residente de obra ambiental.
Cronograma:	Previo al desmonte (inventario) y durante la etapa de preparación del sitio.
Costo estimado:	Incluido en los costos de supervisión ambiental. Estimado: $15,000–$25,000 MXN (variable según número de individuos).

Medida VI-02: Protección del suelo y control de procesos erosivos	
Impacto al que responde:	I-02: Pérdida y degradación del suelo por desmonte (Moderado). I-06: Erosión por trazo y nivelación (Moderado).
Tipo de medida:	Mitigación / Correctiva
Etapa de aplicación:	Preparación del sitio y construcción
Descripción técnica de la medida:	
Los residuos vegetales generados por el desmonte (ramas, hojarasca, troncos) no serán quemados. Se utilizarán como mantillo (mulch) orgánico en el área de conservación para proteger el suelo de la erosión eólica e hídrica, favorecer la retención de humedad y aportar materia orgánica. La capa de suelo orgánico superficial (0-30 cm) removida durante el desmonte y nivelación será recopilada, almacenada en pilas de altura no mayor a 1.5 m y reincorporada posteriormente en el área de conservación y jardines del desarrollo, preservando el banco de semillas nativas.	

Las obras de nivelación se realizarán con maquinaria adecuada y bajo supervisión de un responsable ambiental, evitando nivelaciones excesivas que modifiquen el microrrelieve natural del predio más allá de lo estrictamente necesario. Se instalarán barreras de sedimentos (costales de arena, mallas de retención) en los límites del predio durante las obras de nivelación para evitar el arrastre de material particulado hacia predios colindantes y la vía pública. No se realizarán movimientos de tierras durante lluvias fuertes (precipitación > 30 mm en 24 horas) para reducir el riesgo de erosión hídrica.	
Indicadores de cumplimiento:	Ausencia de quemas de residuos vegetales. Volumen de suelo orgánico reincorporado documentado. Inspección visual bimensual de barreras de sedimentos. Registro de condiciones climatológicas durante movimientos de tierra.
Responsable:	Responsable ambiental y residente de obra. Operador de maquinaria.
Cronograma:	Durante toda la etapa de preparación del sitio y los primeros tres meses de construcción.
Costo estimado:	Incluido en costos de obra civil. Barreras de sedimentos: $8,000–$12,000 MXN.

Medida VI-03: Control de emisiones de polvo, ruido y gases de combustión	
Impacto al que responde:	I-05: Emisiones a la atmósfera durante desmonte (Irrelevante). I-11: Ruido y emisiones durante construcción (Irrelevante).
Tipo de medida:	Mitigación / Preventiva
Etapa de aplicación:	Preparación del sitio y construcción
Descripción técnica de la medida:	
Se realizarán riegos periódicos del suelo expuesto con camión pipa durante las actividades de desmonte y movimiento de tierras, con una frecuencia mínima de dos veces al día en temporada de secas, para el control de polvos y partículas suspendidas. Se suspenderán las obras en días con vientos superiores a 50 km/h.	

Se instalará una malla de protección (sombrite o similar) en el perímetro del predio durante las actividades de desmonte y construcción, con el fin de retener partículas y reducir el impacto visual y el dispersión de polvo hacia predios colindantes y la vía pública. Toda la maquinaria y vehículos utilizados en la obra deberán contar con verificación vehicular vigente que acredite que sus niveles de emisión de gases de combustión cumplen con la NOM-041-SEMARNAT-2015 (vehículos con motor a gasolina) o la NOM-044-SEMARNAT-2017 (vehículos diesel). La documentación de verificación deberá estar disponible en el área de obra. Las actividades generadoras de ruido intenso (uso de compactadoras, cortadoras, martillos neumáticos) se realizarán exclusivamente en horario diurno (07:00–19:00 h) para cumplir con la NOM-081-SEMARNAT-1994. No se permitirán actividades ruidosas en días festivos ni en horario nocturno. La velocidad máxima de los vehículos de carga dentro del predio será de 10 km/h. Queda prohibido dejar encendidos los motores de la maquinaria durante los periodos de inactividad.	
Indicadores de cumplimiento:	Registro diario de riegos del suelo. Verificaciones vehiculares disponibles en obra. Monitoreo de ruido perimetral (mínimo un punto de medición, mensual). Cumplimiento de horario de obra.
Responsable:	Residente de obra. Responsable ambiental. Operadores de maquinaria.
Cronograma:	Durante toda la etapa de preparación del sitio y la etapa de construcción.
Costo estimado:	Incluido en costos de operación de obra. Malla perimetral: $10,000–$18,000 MXN.

Medida VI-04: Plan de manejo de residuos sólidos	
Impacto al que responde:	I-13: Contaminación del suelo por residuos de construcción (Moderado). I-14: Contaminación del agua subterránea por residuos (Moderado).
Tipo de medida:	Mitigación / Preventiva

Etapa de aplicación:	Preparación del sitio y construcción
Descripción técnica de la medida:	
Se implementará un Plan de Manejo de Residuos Sólidos conforme a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su Reglamento. El plan contemplará las siguientes etapas: generación, separación en fuente, almacenamiento temporal, transporte y disposición final. Los residuos sólidos de construcción (cascajo, tabique, mortero, hierro de construcción, madera) serán separados de los residuos peligrosos (aceites, solventes, pinturas, envases de productos químicos) y almacenados en contenedores metálicos techados, identificados y colocados en un área designada con superficie impermeabilizada (lona de polietileno o similar). Los residuos de manejo especial y peligrosos generados en obra (aceites lubricantes usados, baterías, disolventes, estopas impregnadas) serán recolectados por una empresa prestadora de servicios de manejo de residuos peligrosos con autorización de la SEMARNAT, conforme a la NOM-052-SEMARNAT-2005. Queda estrictamente prohibido disponer residuos sólidos de cualquier tipo en el área de conservación, vía pública, cenotes, cuerpos de agua o cualquier otro sitio no autorizado. Las letrinas portátiles para el personal de obra serán proporcionadas por empresa autorizada y se garantizará su vaciado y mantenimiento periódico. El volumen de residuos generados, el nombre del transportista autorizado y el sitio de disposición final serán registrados en una bitácora de manejo de residuos que formará parte del expediente de supervisión ambiental de la obra.	
Indicadores de cumplimiento:	Bitácora de manejo de residuos con registros semanales.
Responsable:	Residente de obra y responsable ambiental.
Cronograma:	Durante toda la etapa de preparación del sitio y la etapa de construcción.
Costo estimado:	Incluido en costos de gestión de residuos de obra. Estimado: $20,000–$40,000 MXN (según volumen generado).

Medida VI-05: Prevención de contaminación del agua subterránea durante la construcción	
Impacto al que responde:	I-07: Afectación a la hidrología subterránea por trazo y nivelación (Moderado). I-14: Contaminación del agua subterránea por residuos de construcción (Moderado).
Tipo de medida:	Preventiva / Mitigación
Etapa de aplicación:	Preparación del sitio y construcción
Descripción técnica de la medida:	
Dado que el manto freático en el área del proyecto se encuentra a una profundidad de 1 a 3 m, se tomarán las siguientes medidas para prevenir su contaminación durante la etapa de construcción: • Prohibición absoluta de realizar cambios de aceite o lubricación de maquinaria dentro del predio. Estas actividades deberán realizarse en talleres mecánicos externos al área de obra. • Prohibición de verter cualquier sustancia química (solventes, pinturas, cementos, aditivos) directamente sobre el suelo. Cualquier derrame accidental deberá ser limpiado de inmediato con materiales absorbentes (aserrín, arena) y los residuos resultantes deberán ser gestionados como residuos peligrosos. • El área de mezcla de concreto y mortero contará con una cama de impermeabilización (lona de polietileno de alta densidad) para evitar la infiltración de aguas de lavado hacia el subsuelo. • Las letrinas portátiles del personal de obra estarán selladas, serán vaciadas periódicamente por empresa autorizada y se ubicarán al menos 20 m de distancia de cualquier punto de muestreo de agua subterránea existente en los predios colindantes. • En caso de detectarse durante las excavaciones la presencia del nivel freático, se suspenderán temporalmente las obras en ese punto hasta evaluar medidas específicas de protección.	
Indicadores de cumplimiento:	Registro de derrames accidentales y acciones correctivas. Bitácora de vaciado de letrinas portátiles. Verificación mensual de las condiciones del área de mezcla de materiales. Ausencia de olores o coloraciones anómalas en el suelo.

Responsable:	Residente de obra. Responsable ambiental. Operadores de maquinaria.
Cronograma:	Durante toda la etapa de preparación del sitio y la etapa de construcción.
Costo estimado:	Incluido en los costos de supervisión ambiental.

Medida VI-06: Delimitación, protección y mantenimiento del área de conservación	
Impacto al que responde:	I-09: Compactación del suelo (Severo). I-10: Reducción de recarga del acuífero (Severo). I-19: Perturbación de fauna en operación (Moderado). I-20: Conservación de vegetación (Positivo).
Tipo de medida:	Compensatoria / Correctiva
Etapa de aplicación:	Preparación del sitio, construcción y operación (permanente)

Descripción técnica de la medida:

El proyecto VELAMAR ETAPA 1 destinará 6,246.16 m² (26.54% del predio total) como Área de Conservación, tal como se establece en el diseño del proyecto. Esta área deberá ser delimitada físicamente mediante cercado perimetral antes del inicio del desmonte, para evitar afectaciones accidentales durante las obras.

La delimitación se realizará con estacas de madera y cinta de señalización naranja o roja en el perímetro del área de conservación. Una vez concluida la obra civil, se instalará un cercado permanente (barda baja o malla ciclónica de altura mínima 1.0 m) con señalamientos que indiquen el carácter de área de conservación.

Los individuos de flora rescatados conforme a la Medida VI-01 (Thrinax radiata, Nopalea gaumeri, Pithecellobium keyense, Sideroxylon americanum) serán trasplantados preferentemente en el área de conservación, incrementando la densidad y diversidad vegetal de la zona.

El área de conservación no podrá ser utilizada para ningún uso distinto a la conservación de la vegetación nativa de duna costera. Queda prohibido: realizar nuevas obras de construcción, almacenar materiales de construcción, depositar residuos sólidos o líquidos, encender fogatas o realizar quemas.

Durante la etapa de operación, el mantenimiento del área de conservación consistirá en: retiro de residuos sólidos que pudieran depositarse en la misma, control de especies invasoras (especialmente pasto guinea Megathyrsus maximus y aroma Leucaena leucocephala), y eventual reposición de individuos de especies nativas en zonas con baja cobertura. Esta medida tiene carácter permanente y constituye la principal medida de compensación por la remoción de la vegetación secundaria de duna costera en el 73.46% del predio.	
Indicadores de cumplimiento:	Delimitación física del área de conservación previo al inicio del desmonte (verificación fotográfica con GPS). Instalación de cercado permanente y señalamientos. Informe anual de estado de la vegetación en el área de conservación. Porcentaje de cobertura vegetal ≥ 60% en el área de conservación a los 2 años de operación.
Responsable:	Desarrollador: ARARIV S.A. de C.V. Responsable ambiental (supervisión). Administración del condominio (mantenimiento durante operación).
Cronograma:	Delimitación previa al desmonte. Mantenimiento: permanente durante la etapa de operación.
Costo estimado:	Cercado perimetral: $30,000–$50,000 MXN. Mantenimiento anual: $8,000–$15,000 MXN/año.

Medida VI-07: Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas	
Impacto al que responde:	I-17: Contaminación del agua subterránea por aguas residuales domésticas (Severo → Moderado con medida).
Tipo de medida:	Mitigación (reduce impacto de SEVERO a MODERADO)
Etapa de aplicación:	Operación (permanente)
Descripción técnica de la medida:	
Se instalará una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas tipo SITAR DLD-14 o similar aprobado, dimensionada para tratar el gasto de diseño correspondiente a 70 lotes	

habitacionales con una generación estimada de 150 L/habitante/día y una dotación promedio de 3.3 habitantes/lote, para un gasto total de 34,650 L/día (~0.4 L/s).

La planta de tratamiento deberá cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (descarga en suelos) y la NOM-003-SEMARNAT-1997 (reúso de agua tratada). Los parámetros de control incluirán: DBO5, DQO, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Nitrógeno Total, Fósforo Total y Coliformes Fecales.

El efluente tratado por la planta será empleado para el riego de áreas verdes y el área de conservación del desarrollo, contribuyendo a la reposición parcial de la recarga del acuífero a través de la evapotranspiración de la vegetación. Queda prohibido el uso del agua tratada para consumo humano o para actividades de contacto directo.

La planta contará con un programa de operación y mantenimiento (O&M) que incluirá: inspección diaria de parámetros operativos, limpieza y extracción de lodos cada seis meses, revisión anual de equipos electromecánicos, y análisis de laboratorio del efluente con frecuencia mínima trimestral para verificar el cumplimiento de las NOMs aplicables.

Los registros de operación y los resultados analíticos del efluente serán remitidos semestralmente a la CONAGUA y a la SEMARNAT delegación Yucatán, conforme a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

Indicadores de cumplimiento:	Permiso de descarga expedido por CONAGUA. Resultados analíticos trimestrales del efluente que demuestren cumplimiento con NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997. Bitácora de operación y mantenimiento de la planta. Registros semestrales de remisión a autoridades.
Responsable:	ARARIV S.A. de C.V. (instalación). Administración del condominio (operación y mantenimiento). Empresa de O&M especializada (subcontratista).
Cronograma:	Instalación: previo al inicio de la etapa de operación. Operación: permanente.
Costo estimado:	Planta SITAR DLD-14 o similar: $180,000–$250,000 MXN (instalación). Mantenimiento anual: $30,000–$50,000 MXN/año.

Medida VI-08: Plan de manejo de residuos sólidos urbanos durante la operación	
Impacto al que responde:	I-18: Generación de residuos sólidos urbanos en operación (Moderado).
Tipo de medida:	Mitigación
Etapa de aplicación:	Operación (permanente)
Descripción técnica de la medida:	
Se implementará un Plan de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos (PMRSU) para el desarrollo habitacional VELAMAR ETAPA 1, conforme a la LGPGIR y la normatividad municipal del municipio de Ixil. Cada lote habitacional contará con contenedores diferenciados para: residuos orgánicos (verde), residuos inorgánicos valorizables (amarillo) y residuos no valorizables (gris), fomentando la separación en fuente por parte de los residentes. Se coordinará con el municipio de Ixil el servicio de recolección de RSU con una frecuencia mínima de dos veces por semana. En caso de que el municipio no cuente con dicho servicio, el desarrollador gestionará un contrato con empresa privada autorizada para la recolección y transporte a sitio de disposición final autorizado (relleno sanitario). Se prohibirá expresamente el depósito de residuos en el área de conservación, vialidades o áreas comunes del desarrollo. Se instalarán señalamientos informativos sobre el manejo adecuado de RSU en las áreas de acceso al desarrollo. El reglamento interno del condominio incluirá disposiciones sobre el manejo de RSU, las sanciones aplicables por incumplimiento y los mecanismos de denuncia interna.	
Indicadores de cumplimiento:	Contrato con servicio de recolección de RSU. Registro de frecuencia de recolección. Cumplimiento del reglamento interno en materia de RSU. Ausencia de tiraderos clandestinos en el área de conservación (verificación semestral).
Responsable:	Administración del condominio. Municipio de Ixil (servicio público de recolección). Residentes del desarrollo.

Cronograma:	Inicio: previo a la habitación del primer lote. Permanente durante la operación.
Costo estimado:	Contenedores diferenciados: $15,000–$25,000 MXN. Contrato de recolección privada (si aplica): $2,000–$4,000 MXN/mes.

Medida VI-09: Integración paisajística y revegetación con especies nativas	
Impacto al que responde:	I-04: Alteración del paisaje por desmonte (Moderado). I-19: Perturbación de fauna en operación (Moderado). I-23: Recuperación de vegetación en área de conservación (Positivo).
Tipo de medida:	Correctiva / Compensatoria
Etapa de aplicación:	Construcción (inicio) y operación (permanente)

Descripción técnica de la medida:

Al concluir las obras de construcción en cada lote, se procederá a la revegetación de las áreas ajardinadas con especies nativas de la vegetación de duna costera del norte de Yucatán. Se priorizará el uso de las siguientes especies: Thrinax radiata (Chit), Coccoloba uvifera (Uva de mar), Agave angustifolia (Ch'elem), Sesuvium portulacastrum (Verdolaga marina), Ipomoea pes-caprae (Riñonina) y Caesalpinia vesicaria (Chakché).

Se prohíbe el uso de especies invasoras o exóticas en las áreas ajardinadas del desarrollo. En particular, queda prohibida la siembra de: pasto guinea (Megathyrsus maximus), pino australiano (*Casuarina equisetifolia*), eucalipto (Eucalyptus spp.) y cualquier otra especie ajena a los ecosistemas costeros de Yucatán.

Las áreas de jardín de cada lote contarán con sistema de riego eficiente (goteo o microaspersión) alimentado con el agua tratada de la planta de tratamiento (Medida VI-07), reduciendo el consumo de agua potable para riego.

En el área de conservación se establecerá un programa de restauración ecológica que incluirá: control de especies invasoras, siembra de plántulas de especies nativas en las zonas con menor cobertura vegetal, y mantenimiento periódico. Se elaborará un informe de avance anual del estado de la vegetación.

La presencia del área de conservación con vegetación nativa funcionará como área de refugio y alimentación para la fauna local (especialmente reptiles y aves), contribuyendo a reducir el impacto de la perturbación por presencia humana (I-19).	
Indicadores de cumplimiento:	Listado de especies utilizadas en la revegetación de áreas ajardinadas (sin exóticas invasoras). Porcentaje de cobertura vegetal en el área de conservación (≥ 60% a dos años). Informe anual de restauración ecológica del área de conservación.
Responsable:	ARARIV S.A. de C.V. y contratista de jardinería. Administración del condominio (mantenimiento). Responsable ambiental (supervisión).
Cronograma:	Revegetación de áreas ajardinadas: durante y al concluir la etapa de construcción. Restauración del área de conservación: permanente durante la operación.
Costo estimado:	Revegetación inicial: $40,000–$70,000 MXN. Mantenimiento anual del área de conservación: $10,000–$20,000 MXN/año.

Medida VI-10: Programa de capacitación y educación ambiental	
Impacto al que responde:	I-03: Desplazamiento de fauna (Moderado). I-19: Perturbación de fauna en operación (Moderado). Transversal a todas las etapas.
Tipo de medida:	Preventiva / Mitigación
Etapa de aplicación:	Preparación del sitio, construcción y operación
Descripción técnica de la medida:	
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN — Capacitación al personal de obra: Antes del inicio de las obras, todo el personal de construcción recibirá una capacitación ambiental de inducción de mínimo 2 horas de duración que incluirá los siguientes temas: identificación de especies bajo protección legal (Thrinax radiata, Ctenosaura similis, reptiles endémicos), prohibición de captura, daño o muerte de fauna silvestre, manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos en obra, protocolos en caso de derrames accidentales, y ubicación del área de conservación y su importancia.	

La capacitación será impartida por el responsable ambiental del proyecto. Se levantará lista de asistencia firmada por cada participante, que formará parte del expediente de supervisión ambiental. ETAPA DE OPERACIÓN — Educación ambiental a residentes: El reglamento interno del condominio incluirá un apartado de Responsabilidad Ambiental que establecerá normas de conducta para los residentes en relación con: manejo de RSU, restricciones de uso del área de conservación, prohibición de captura o daño a fauna silvestre, y uso eficiente del agua. Se elaborará un tríptico informativo con ilustraciones de las especies de flora y fauna protegidas del área, que será entregado a cada residente al momento de su ingreso al desarrollo.	
Indicadores de cumplimiento:	Listas de asistencia a la capacitación firmadas por el personal de obra. Tríptico informativo elaborado y distribuido a residentes. Registro de incidentes relacionados con fauna silvestre (objetivo: cero incidentes).
Responsable:	Responsable ambiental (capacitación en construcción). Administración del condominio (educación ambiental en operación).
Cronograma:	Capacitación: previo al inicio de obras y cada vez que ingrese personal nuevo. Educación ambiental: inicio de la etapa de operación y de forma continua.
Costo estimado:	Capacitación y materiales informativos: $5,000–$10,000 MXN.

VI.2. TABLA RESUMEN DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Tabla VI.2. Resumen de medidas de prevención y mitigación del proyecto VELAMAR ETAPA 1.

No.	Medida	Impacto(s) atendido(s)	Tipo	Etapa	Indicador clave
VI-01	Rescate y trasplante de flora NOM-059	I-01: Pérdida de vegetación	Preventiva / Compensatoria	Preparación	Tasa de supervivencia ≥ 70% a 90 días

No.	Medida	Impacto(s) atendido(s)	Tipo	Etapa	Indicador clave
VI-02	Protección del suelo y control de erosión	I-02, I-06: Degradación/erosión de suelo	Mitigación / Correctiva	Preparación / Construcción	Volumen de suelo reincorporado; barreras en buen estado
VI-03	Control de polvo, ruido y emisiones	I-05, I-11: Calidad del aire y ruido	Mitigación / Preventiva	Preparación / Construcción	Registros de riego; verificaciones vehiculares vigentes
VI-04	Plan de manejo de residuos	I-13, I-14: Suelo y agua subterránea	Mitigación / Preventiva	Preparación / Construcción	Bitácora de residuos; manifiestos de RP
VI-05	Prevención contaminación agua subterránea	I-07, I-14: Hidrología subterránea	Preventiva	Preparación / Construcción	Ausencia de derrames; bitácora de letrinas
VI-06	Delimitación y mantenimiento área de conservación	I-09, I-10, I-19, I-20	Compensatoria / Correctiva	Permanente	Cobertura vegetal ≥ 60% a 2 años; cercado instalado
VI-07	Sistema de tratamiento de aguas residuales	I-17: Agua subterránea (SEVERO→MODERADO)	Mitigación	Operación permanente	Resultados analíticos ≤ límites NOM-001 y NOM-003
VI-08	Plan de manejo de RSU en operación	I-18: RSU en operación	Mitigación	Operación permanente	Frecuencia de recolección; ausencia de tiraderos clandestinos
VI-09	Revegetación con especies nativas	I-04, I-19, I-23	Correctiva / Compensatoria	Construcción / Operación	Sin exóticas invasoras; informe anual de restauración
VI-10	Capacitación y educación ambiental	I-03, I-19 (transversal)	Preventiva / Mitigación	Todas las etapas	Listas de asistencia; cero incidentes con fauna

Tabla VI.3. Impactos severos y su reducción de significancia con la aplicación de medidas.

ID Impacto	Factor ambiental	Significancia sin medidas	Medida aplicada	Significancia con medidas
I-09	Suelo — Compactación	SEVERO (–52)	VI-02, VI-06	MODERADO (reducción por área permeable conservada)
I-10	Agua subterránea — Recarga	SEVERO (–56)	VI-06, VI-09	SEVERO (impacto residual permanente en zonas pavimentadas; mitigado por área de conservación)
I-17	Agua subterránea — Contaminación	SEVERO (–52)	VI-07, VI-04, VI-05	MODERADO (con planta de tratamiento operando correctamente)

VI.3. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) tiene por objetivo verificar la eficacia de las medidas de prevención y mitigación descritas en este capítulo, detectar de manera oportuna cualquier impacto no previsto y proponer acciones correctivas en caso necesario. El PVA estará a cargo del responsable ambiental del proyecto durante las etapas de preparación y construcción, y de la administración del condominio durante la etapa de operación.

Tabla VI.4. Programa de Vigilancia Ambiental del proyecto VELAMAR ETAPA 1.

Componente / Variable	Indicador a monitorear	Método de monitoreo	Frecuencia	Responsable	Umbral de alerta
Flora — Individuos rescatados NOM-059	Tasa de supervivencia de Thrinax radiata trasplantada	Revisión directa de individuos trasplantados; registro fotográfico	30, 60 y 90 días post-trasplante	Responsable ambiental	< 70% supervivencia: replantación de individuos faltantes
Flora — Área de conservación	Porcentaje de cobertura vegetal nativa	Levantamiento de cobertura por cuadrantes (4 cuadrantes de 25 m²)	Semestral (operación)	Administración del condominio	< 50% cobertura: programa de reposición de plántulas nativas
Flora — Especies invasoras	Presencia de especies exóticas	Recorrido perimetral visual e identificación taxonómica	Trimestral (operación)	Administración del condominio	Presencia de Megathyrsus maximus o

Componente / Variable	Indicador a monitorear	Método de monitoreo	Frecuencia	Responsable	Umbral de alerta
	invasoras en área de conservación				Casuarina: control mecánico inmediato
Fauna — Riqueza en área de conservación	Número de especies de reptiles y aves presentes	Transectos en franja (reptiles) y puntos de conteo (aves)	Anual (operación, primeros 3 años)	Responsable ambiental	Reducción > 30% respecto a línea base: revisión de medidas
Fauna — Incidentes con fauna silvestre	Número de incidentes de captura, daño o muerte de fauna	Registro de incidentes reportados por personal de obra/residentes	Mensual (todas las etapas)	Residente de obra / Administración	Cualquier incidente: investigación y reforzamiento de capacitación
Suelo — Erosión perimetral	Presencia de cárcavas o surcos de erosión en límites del predio	Inspección visual perimetral con registro fotográfico georreferenciado	Mensual (preparación y construcción)	Residente de obra	Presencia de cárcavas: instalación inmediata de barreras adicionales
Agua subterránea — Efluente planta de tratamiento	DBO5, SST, Coliformes Fecales del efluente tratado	Muestreo y análisis en laboratorio certificado (NOM-001 y NOM-003)	Trimestral (operación)	Administración del condominio	Incumplimiento de NOMs: revisión técnica de la planta en ≤ 5 días
Residuos — Obra	Correcta separación y disposición de residuos	Verificación del área de almacenamiento temporal; revisión de manifiestos	Semanal (construcción)	Residente de obra	Mezcla de residuos peligrosos con ordinarios: acción correctiva inmediata
Residuos — Operación	Ausencia de depósito de RSU en área de conservación o vía pública	Recorrido visual del predio y área de conservación	Mensual (operación)	Administración del condominio	Presencia de tiradero clandestino: retiro en ≤ 48 horas y aplicación de reglamento
Calidad del aire — Ruido	Nivel de presión sonora en límite perimetral del predio	Medición con sonómetro tipo 2 (NOM-081-SEMARNAT-1994)	Mensual (construcción)	Responsable ambiental	> 68 dB(A) en horario diurno: restricción de actividades ruidosas simultáneas

Los resultados del monitoreo serán integrados en informes periódicos de supervisión ambiental, conforme a la siguiente estructura:

- Informe mensual de supervisión ambiental de obra: durante las etapas de preparación del sitio y construcción.
- Informe semestral de vigilancia ambiental: durante la etapa de operación (primeros cinco años).
- Informe anual de vigilancia ambiental: a partir del sexto año de operación del desarrollo.

Los informes de supervisión ambiental serán remitidos a la SEMARNAT Delegación Yucatán como parte del cumplimiento de las condicionantes que establezca la resolución de impacto ambiental correspondiente. El responsable técnico de los informes será el responsable del estudio de impacto ambiental (PICH Consultoría Ambiental).

Tabla VI.5. Cronograma de implementación del Programa de Vigilancia Ambiental.

Actividad	Preparación del sitio	Construcción	Operación año 1-3	Operación año 4+
Supervisión ambiental de obra (mensual)	•	•		
Monitoreo flora NOM-059 trasplantada	•			
Monitoreo cobertura área de conservación			•	•
Monitoreo fauna (transectos y puntos de conteo)			•	•
Análisis de efluente planta de tratamiento (trimestral)			•	•
Monitoreo de ruido perimetral (mensual)	•	•		
Supervisión manejo de residuos de construcción	•	•		

Actividad	Preparación del sitio	Construcción	Operación año 1-3	Operación año 4+
Supervisión manejo RSU en operación			•	•
Informe semestral de vigilancia ambiental			•	
Informe anual de vigilancia ambiental				•

El símbolo • indica que la actividad de monitoreo se realiza durante ese periodo. El Programa de Vigilancia Ambiental podrá ser ajustado en función de los resultados obtenidos durante las primeras revisiones, con el fin de optimizar los recursos y concentrar el monitoreo en los indicadores de mayor relevancia.

CONTENIDO

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 2

VII.1. PRONÓSTICO DEL ESCENARIO SIN PROYECTO 2

VII.1.1. Dinámica sucesional de la vegetación 2

VII.1.2. Tendencias en el sistema ambiental regional 4

VII.2. PRONÓSTICO DEL ESCENARIO CON PROYECTO 5

VII.2.1. Comportamiento del sistema ambiental con el proyecto 5

VII.2.2. Síntesis de cambios esperados por componente ambiental 7

VII.3. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 8

VII.3.1. Alternativa 0: No realización del proyecto 8

VII.3.2. Alternativa 1: Proyecto propuesto (VELAMAR ETAPA 1) 9

VII.3.3. Alternativa 2: Proyecto con menor densidad de lotes 10

VII.3.4. Comparación de alternativas 12

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

El presente capítulo desarrolla el análisis prospectivo del sistema ambiental del proyecto VELAMAR ETAPA 1, ubicado en la localidad de Ixil, municipio de Ixil, Yucatán, bajo dos escenarios: (a) sin la realización del proyecto, y (b) con la realización del proyecto e implementación de las medidas de mitigación propuestas en el Capítulo VI. Adicionalmente, se presenta la evaluación de alternativas consideradas para la ejecución del proyecto, incluyendo la alternativa de no realización. El análisis se fundamenta en los datos del sistema ambiental descritos en el Capítulo IV y en los impactos evaluados en el Capítulo V.

VII.1. PRONÓSTICO DEL ESCENARIO SIN PROYECTO

El análisis del escenario sin proyecto considera las tendencias actuales del sistema ambiental en el área de influencia del proyecto y proyecta su evolución a mediano plazo (10-15 años) en ausencia de la intervención propuesta. Este escenario no equivale necesariamente a un estado óptimo de conservación, sino que refleja las dinámicas sociales, económicas y ecológicas que operan actualmente en la región.

VII.1.1. Dinámica sucesional de la vegetación

La vegetación presente en el predio corresponde a vegetación secundaria de duna costera (Uc) en diferentes estadios de sucesión, resultado de perturbaciones previas por actividades agropecuarias y el rezago en el desarrollo urbano de la zona costera de Ixil. El predio no ha sido sometido a aprovechamiento forestal ni actividades productivas intensivas en los últimos años, lo que ha permitido la recuperación natural de la cubierta vegetal.

En ausencia del proyecto, la vegetación secundaria continuaría su proceso de sucesión ecológica, avanzando progresivamente hacia un estado de vegetación secundaria más madura con mayor presencia de especies arbóreas propias de la selva baja caducifolia costera. No obstante, dado el contexto de presión urbana en la costa norte de Yucatán, la probabilidad de que el predio mantenga su cubierta vegetal indefinidamente sin intervención es baja, ya que:

- El incremento en la demanda de suelo urbano en la zona costera de Yucatán es sostenida, asociado al crecimiento del turismo residencial y la migración hacia zonas costeras. Según datos del INEGI (Censos de Población y Vivienda 2010-2020), el municipio de Ixil registró una tasa de crecimiento poblacional media anual de 2.1%, superior al promedio estatal (1.4%).
- La falta de certeza jurídica sobre el uso del predio lo convierte en un potencial objetivo de ocupación irregular (asentamientos humanos irregulares), lo cual constituye una amenaza de mayor impacto ambiental que el proyecto propuesto, al carecer de estudios técnicos, medidas de mitigación o plantas de tratamiento de aguas residuales.
- El área de estudio se ubica dentro de la poligonal del Sistema de Playas y Dunas Costeras de Yucatán, declarada como Área de Destino Turístico por el Gobierno del Estado de Yucatán, lo que incrementa la presión de desarrollo inmobiliario en la zona.

En un horizonte de 10 años sin el proyecto propuesto, el predio podría enfrentar alguno de los siguientes escenarios alternativos:

Tabla VII.1. Escenarios alternativos de uso del predio sin realización del proyecto.

Escenario alternativo	Probabilidad estimada	Impacto ambiental comparado con el proyecto
Ocupación irregular / asentamiento informal	Media-Alta	MAYOR: sin planta de tratamiento, sin medidas de mitigación, sin área de conservación designada, sin rescate de flora NOM-059.
Desarrollo inmobiliario de terceros sin MIA	Media	MAYOR o IGUAL: desarrollo sin estudio de impacto ambiental, sin control de residuos ni tratamiento de aguas residuales adecuado.
Conservación voluntaria en estado natural	Baja	MENOR: conservación de la cubierta vegetal y fauna. No viable a largo plazo por presión urbana regional.
Adquisición por desarrollador turístico (hotel/resort)	Baja-Media	POTENCIALMENTE MAYOR: mayor densidad de visitantes y servicios, mayor generación de residuos y demanda de agua.

VII.1.2. Tendencias en el sistema ambiental regional

El análisis de las tendencias ambientales regionales a escala de la franja costera del norte de Yucatán muestra las siguientes dinámicas:

VEGETACIÓN Y USO DE SUELO: La franja costera de Yucatán ha experimentado una reducción sostenida de su cubierta vegetal nativa (selva baja caducifolia costera y duna costera) como consecuencia del avance de la mancha urbana asociada a los desarrollos turístico-habitacionales. De acuerdo con el análisis de la Serie VII de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI (2018), la vegetación secundaria en la zona costera entre Progreso e Ixil muestra una tendencia de fragmentación creciente, con islas de vegetación cada vez más pequeñas y aisladas entre sí. Esta fragmentación reduce la conectividad ecológica y la viabilidad de las poblaciones de fauna silvestre a largo plazo.

CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA: El acuífero Yucatán, que subyace a toda la Península, presenta indicadores de deterioro de calidad en la franja costera como consecuencia del incremento en la generación de aguas residuales domésticas por el crecimiento urbano sin infraestructura de saneamiento adecuada. Los monitoreos de la CONAGUA registran incrementos en las concentraciones de nitratos y coliformes fecales en pozos someros de la zona costera entre Mérida y Progreso, asociados a la infiltración de aguas residuales de desarrollos sin sistemas de tratamiento.

FAUNA SILVESTRE: Las poblaciones de fauna terrestre en la franja costera de Yucatán muestran una tendencia de reducción asociada a la pérdida y fragmentación del hábitat. Especies como Ctenosaura similis (Iguana gris, Amenazada según la NOM-059-SEMARNAT-2010) han reducido sus poblaciones en las zonas de mayor urbanización, aunque mantienen poblaciones viables en fragmentos de vegetación nativa. La presión de cacería furtiva y el atropellamiento vehicular constituyen factores adicionales de mortalidad.

En síntesis, el escenario sin proyecto no representa un escenario de conservación ambiental garantizada, sino un escenario de presión urbana no controlada con alta probabilidad de resultar en impactos ambientales de mayor magnitud y sin medidas de compensación ni vigilancia.

VII.2. PRONÓSTICO DEL ESCENARIO CON PROYECTO

VII.2.1. Comportamiento del sistema ambiental con el proyecto

El pronóstico del sistema ambiental con la realización del proyecto VELAMAR ETAPA 1 considera la implementación efectiva de todas las medidas de prevención, mitigación, compensación y corrección descritas en el Capítulo VI, así como el cumplimiento del Programa de Vigilancia Ambiental. El análisis se presenta por componente ambiental para un horizonte de 15 años (etapas de construcción y operación).

VEGETACIÓN: La ejecución del proyecto implicará la remoción permanente de la vegetación secundaria de duna costera sobre el 73.46% del predio (17,286.73 m²), siendo éste el impacto de mayor irreversibilidad del proyecto. No obstante, el 26.54% restante (6,246.16 m²) será mantenido como Área de Conservación con vegetación nativa, y se implementará el programa de rescate y trasplante de individuos de Thrinax radiata y especies endémicas (Medida VI-01). La revegetación de las áreas ajardinadas con especies nativas (Medida VI-09) contribuirá a incrementar la superficie con cobertura vegetal nativa dentro del predio en el mediano plazo.

Se estima que al cabo de 5 años de operación, la cobertura vegetal nativa en el Área de Conservación alcanzará al menos el 70-80% de la superficie, apoyada por el mantenimiento activo y la reintroducción de plántulas de especies nativas. Las áreas ajardinadas del desarrollo aportarán una cobertura adicional estimada de 3,500-5,000 m² con vegetación nativa.

SUELO: Los impactos sobre el suelo (compactación y modificación de la permeabilidad) tendrán carácter permanente en las superficies pavimentadas y con construcciones. El Área de Conservación preservará la integridad del suelo Gleysol y su función de soporte del ecosistema de duna costera. La reincorporación del suelo orgánico superficial removido durante el desmonte (Medida VI-02) favorecerá la recuperación de la actividad biológica del suelo en las áreas ajardinadas.

AGUA SUBTERRÁNEA: El impacto más significativo sobre el agua subterránea está asociado a la posible contaminación por aguas residuales domésticas (I-17, SEVERO). Con la implementación de la planta de tratamiento SITAR DLD-14 (Medida VI-07), dimensionada para tratar el 100% del gasto generado por los 70 lotes habitacionales, este impacto se reduce a la categoría MODERADO. Los resultados analíticos trimestrales del efluente garantizarán el cumplimiento continuo de las NOMs aplicables (NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997). La reducción de la recarga del acuífero en el área del predio (I-10) tendrá carácter permanente pero es compensada parcialmente por la conservación del Área de Conservación, donde la infiltración natural se mantiene sin restricciones.

FAUNA: Las poblaciones de fauna presente en el predio (especialmente Ctenosaura similis, Hemidactylus frenatus y las especies de aves) experimentarán un desplazamiento durante la etapa de preparación del sitio y construcción. El Área de Conservación funcionará como refugio y zona de alimentación para la fauna que se mantenga en el predio durante la operación, especialmente para reptiles de talla mediana y aves. Con el tiempo, se espera que el desarrollo paisajístico del fraccionamiento, combinado con el Área de Conservación, proporcione hábitat para poblaciones reducidas de las especies más adaptables a entornos urbano-naturales (aves canoras, lagartijas, algunas serpientes inofensivas).

SOCIOECONÓMICO: El proyecto generará beneficios socioeconómicos directos e indirectos positivos. Durante la etapa de construcción se estima la generación de 45-60 empleos directos en el sector de la construcción. Durante la operación, el desarrollo aportará plusvalía a los predios colindantes, incrementará la recaudación fiscal municipal y estatal, y atraerá inversión en servicios y comercio en la localidad de Ixil. El impacto socioeconómico global del proyecto es positivo y de moderada a alta significancia.

VII.2.2. Síntesis de cambios esperados por componente ambiental

Tabla VII.2. Pronóstico del estado de los componentes ambientales a 5 y 15 años con el proyecto.

Componente ambiental	Estado actual (línea base)	Pronóstico a 5 años (con proyecto)	Pronóstico a 15 años (con medidas)	Tendencia
Vegetación — Área de conservación	Vegetación secundaria de duna costera, cobertura ~85%	Perturbación durante obras; trasplante de individuos NOM-059. Cobertura ~50-60% post-obras	Recuperación a cobertura ≥70-80% con mantenimiento activo	↗ Recuperación
Vegetación — Área construida	Vegetación secundaria, cobertura ~85%	Remoción permanente; revegetación con jardinería nativa	Cobertura con jardines nativos ~30-40% del área construida	→ Estable con mantenimiento
Suelo — Permeabilidad	Gleysol sin intervención; alta permeabilidad	Compactación y pavimentación en 73.46% del predio	Impermeabilización permanente en áreas construidas; permeabilidad preservada en área de conservación (26.54%)	↘ Reducción permanente en áreas construidas
Agua subterránea — Calidad	Sin presencia humana; calidad natural	Sin impacto durante preparación y construcción con medidas VI-04 y VI-05	Mantenida con planta de tratamiento operando (Medida VI-07); efluente cumple NOM-001 y NOM-003	→ Mantenida con medidas
Agua subterránea — Recarga	Alta: toda la superficie permeable; acuífero a 1-3 m	Reducción parcial durante construcción	Reducción permanente ~73.46% del predio; compensada por	↘ Reducción permanente parcial

Componente ambiental	Estado actual (línea base)	Pronóstico a 5 años (con proyecto)	Pronóstico a 15 años (con medidas)	Tendencia
			área de conservación	
Fauna — Riqueza de especies	13 especies registradas (reptiles, aves, mamíferos)	Desplazamiento temporal durante obras	Fauna asociada a entornos urbano-naturales; área de conservación como refugio. Riqueza estimada: 7-9 especies a 5 años	↘ Reducción moderada; estabilización
Calidad del aire — Ruido	Sin fuentes de ruido relevantes	Incremento temporal durante construcción (controlado con Medida VI-03)	Retorno a condiciones similares a línea base durante operación	→ Impacto temporal
Condiciones socioeconómicas	Predio sin aprovechamiento; escasa actividad económica	45-60 empleos directos en construcción; derrama económica local	70 lotes habitados; incremento de plusvalía regional; empleos en servicios y mantenimiento	↗ Mejora sostenida

VII.3. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Se analizan tres alternativas para el desarrollo del predio: la alternativa de no realización (Alternativa 0), el proyecto propuesto (Alternativa 1) y una alternativa de menor densidad (Alternativa 2). La comparación de alternativas considera criterios ambientales, técnicos, socioeconómicos y de viabilidad regulatoria.

VII.3.1. Alternativa 0: No realización del proyecto

La Alternativa 0 contempla la no realización del proyecto y el mantenimiento del predio en su estado actual como vegetación secundaria de duna costera sin intervención planificada.

Tabla VII.3. Análisis de la Alternativa 0 — No realización del proyecto.

Aspecto	Análisis
Factibilidad técnica	Alta. No requiere ninguna intervención.
Factibilidad económica	Baja para el propietario. Implica la no valorización del predio y pérdida de la inversión realizada.
Impacto ambiental directo (inmediato)	Nulo. El predio mantiene su cubierta vegetal y función ecológica.
Impacto ambiental indirecto (mediano plazo)	Moderado-Alto. La presión urbana regional hace probable la ocupación irregular del predio, que generaría impactos ambientales mayores sin control ni medidas de mitigación.
Beneficio socioeconómico	Nulo o negativo. No genera empleo ni plusvalía. La demanda de suelo urbano se desplaza a otros predios sin EIA.
Cumplimiento de regulaciones ambientales	No aplica. Sin embargo, no contribuye a la ordenación territorial planificada de la zona costera.
Conservación de biodiversidad	Positivo a corto plazo. Incierto a mediano plazo dada la presión de desarrollo regional.
Viabilidad a largo plazo (15 años)	Baja. Alta probabilidad de ocupación informal o desarrollo sin EIA por terceros.

Conclusión Alternativa 0: Aunque la no realización del proyecto elimina los impactos directos del proyecto propuesto, no garantiza la conservación del predio a largo plazo dada la dinámica de desarrollo urbano en la costa de Yucatán. Los impactos ambientales derivados del desarrollo informal serían potencialmente mayores que los del proyecto propuesto, al carecer de medidas de mitigación, planta de tratamiento y área de conservación designada.

VII.3.2. Alternativa 1: Proyecto propuesto (VELAMAR ETAPA 1)

La Alternativa 1 corresponde al proyecto propuesto: desarrollo habitacional de 70 lotes en una superficie de 23,532.89 m², con un área de conservación de 6,246.16 m² (26.54%), planta de tratamiento de aguas residuales y programa de rescate de flora NOM-059.

Tabla VII.4. Análisis de la Alternativa 1 — Proyecto propuesto VELAMAR ETAPA 1.

Aspecto	Análisis
Factibilidad técnica	Alta. El proyecto cuenta con diseño definitivo, estudios técnicos y medidas de mitigación específicas.
Factibilidad económica	Alta. El desarrollo es viable económicamente con 70 lotes comercializables en una zona de alta demanda.
Impacto ambiental directo (construcción)	Moderado. Remoción de 17,286.73 m² de vegetación secundaria. Impactos severos en suelo y agua subterránea reducibles con las medidas propuestas.
Impacto ambiental residual (operación)	Moderado. Con la planta de tratamiento operando correctamente, los impactos sobre el agua subterránea se reducen a la categoría MODERADO.
Beneficio socioeconómico	Alto. Generación de 45-60 empleos directos en construcción, derrama económica local, plusvalía regional, incremento de recaudación fiscal.
Cumplimiento de regulaciones ambientales	Alto. El proyecto se apega a la LGEEPA, LGDFS, LAN, LGPGIR y NOMs aplicables. Presentación de MIA con programa de vigilancia ambiental.
Conservación de biodiversidad	Parcial. El 26.54% del predio se conserva como Área Natural con vegetación nativa. Se implementa programa de rescate de flora NOM-059 y monitoreo de fauna.
Viabilidad a largo plazo (15 años)	Alta. El proyecto tiene mecanismos de control, vigilancia ambiental y administración permanente (condominio).

Conclusión Alternativa 1: El proyecto propuesto representa la alternativa de menor impacto ambiental entre las de desarrollo inmobiliario, al incorporar medidas de mitigación técnicamente fundamentadas, una planta de tratamiento de aguas residuales, un programa de vigilancia ambiental y la conservación del 26.54% del predio. Es la alternativa seleccionada.

VII.3.3. Alternativa 2: Proyecto con menor densidad de lotes

Aunque economicamente no es viable para los inversionistas, la Alternativa 2 podría ser el desarrollo del mismo predio con una densidad habitacional reducida: 50 lotes en lugar de

70, conservando una mayor superficie como área verde o de conservación (35-40% del predio).

Tabla VII.5. Análisis de la Alternativa 2 — Proyecto con menor densidad (50 lotes).

Aspecto	Análisis
Factibilidad técnica	Alta. Se reducirían superficies de desmonte y se ampliaría el área de conservación.
Factibilidad económica	Media. La reducción de 20 lotes (28.6%) implica una reducción equivalente en los ingresos del proyecto, afectando la rentabilidad y la viabilidad financiera del desarrollo.
Impacto ambiental directo (construcción)	Menor. La remoción de vegetación se reduciría a aproximadamente 14,400 m². Se conservarían ~9,100 m² (38.7%) como área natural.
Impacto ambiental residual (operación)	Menor. Menor generación de aguas residuales (50 lotes vs. 70) y menor presión sobre el acuífero.
Beneficio socioeconómico	Moderado. Menor número de empleos generados y menor derrama económica respecto a la Alternativa 1.
Cumplimiento de regulaciones ambientales	Alto. Similar a la Alternativa 1.
Conservación de biodiversidad	Mayor que Alternativa 1. El área de conservación ampliada beneficiaría a las poblaciones de fauna y mejoraría la conectividad ecológica.
Viabilidad a largo plazo (15 años)	Media-Alta. La viabilidad financiera reducida podría afectar la capacidad de la administración del condominio para mantener las áreas de conservación y la planta de tratamiento.

Conclusión Alternativa 2: Aunque la reducción de la densidad generaría menores impactos ambientales directos, la reducción en la viabilidad financiera del proyecto podría comprometer la sostenibilidad del programa de vigilancia ambiental y el mantenimiento de la planta de tratamiento a largo plazo. El proyecto propuesto (Alternativa 1) incorpora suficientes medidas de mitigación para reducir sus impactos significativos a niveles moderados, lo que lo hace la mejor alternativa considerando el balance entre viabilidad y desempeño ambiental.

VII.3.4. Comparación de alternativas

Tabla VII.6. Comparación de alternativas según criterios ambientales, técnicos y socioeconómicos.

Criterio / Ponderación	Alt. 0: Sin proyecto	Alt. 1: Proyecto propuesto (70 lotes)	Alt. 2: Menor densidad (50 lotes)
Magnitud del impacto ambiental directo (25%)	Nulo (5)	Moderado (3)	Bajo-Moderado (4)
Viabilidad a largo plazo (20%)	Baja (1)	Alta (5)	Media-Alta (4)
Beneficio socioeconómico (20%)	Nulo (1)	Alto (5)	Moderado (3)
Conservación de biodiversidad (15%)	Alta (corto plazo) (4)	Parcial (3)	Mayor (4)
Cumplimiento regulatorio (10%)	N/A (3)	Alto (5)	Alto (5)
Viabilidad financiera (10%)	Nula (1)	Alta (5)	Media (3)
Control y mitigación de impactos (10%)	No aplica (1)	Alto (5)	Alto (5)
PUNTUACIÓN PONDERADA TOTAL	2.45	4.25	3.85

Nota: La escala de calificación es de 1 (peor) a 5 (mejor) para cada criterio. La puntuación ponderada total considera el peso asignado a cada criterio.

La Alternativa 1 (Proyecto propuesto VELAMAR ETAPA 1) obtiene la mayor puntuación ponderada (4.25/5.00), siendo la alternativa seleccionada. Aunque la Alternativa 2 tiene menor impacto ambiental directo, la mayor viabilidad financiera y socioeconómica de la Alternativa 1, combinada con sus medidas de mitigación específicas, la hacen la opción más equilibrada considerando los criterios ambientales, técnicos, económicos y sociales.

VII.4. CONCLUSIONES

Con base en el análisis de los escenarios con y sin proyecto, y en la evaluación comparativa de alternativas, se concluye lo siguiente:

1. El escenario sin proyecto (Alternativa 0) no representa una garantía de conservación ambiental del predio en el mediano plazo, dado el contexto de alta presión urbana en la costa norte de Yucatán y la alta probabilidad de desarrollo informal sin medidas de mitigación.

2. El proyecto propuesto VELAMAR ETAPA 1 (Alternativa 1) generará impactos ambientales negativos principalmente sobre la vegetación y el suelo, con carácter permanente en las áreas construidas. Sin embargo, dichos impactos son mayoritariamente de significancia MODERADA conforme a la metodología Conesa-Fernández Vítora (1997), y los tres impactos calificados como SEVEROS son atendidos con medidas técnicamente fundamentadas que reducen su significancia a MODERADO durante la etapa de operación.

3. El proyecto genera impactos positivos relevantes: la conservación del 26.54% del predio como área natural con vegetación de duna costera; el programa de rescate y trasplante de Thrinax radiata y especies endémicas (NOM-059-SEMARNAT-2010); el tratamiento del 100% de las aguas residuales generadas mediante la planta SITAR DLD-14; y la generación de beneficios socioeconómicos locales y regionales.

4. Considerando el balance entre los impactos negativos residuales (moderados con las medidas de mitigación implementadas) y los beneficios socioeconómicos y ambientales del proyecto, se concluye que el proyecto **VELAMAR ETAPA 1 es AMBIENTALMENTE VIABLE** siempre y cuando se implementen en su totalidad las medidas de prevención, mitigación, compensación y corrección establecidas en el Capítulo VI, y se ejecute el Programa de Vigilancia Ambiental conforme a lo descrito en dicho capítulo.

Tabla VII.7. Resumen de la viabilidad ambiental del proyecto VELAMAR ETAPA 1.

Aspecto	Evaluación	Condición
Impactos irreversibles	Pérdida de 17,286.73 m² de vegetación secundaria de duna costera	INEVITABLE — compensado con área de conservación (6,246.16 m²)
Impactos severos residuales	I-10: Reducción recarga acuífero	PERMANENTE — mitigado parcialmente con área de conservación (26.54% permeable)
Impactos severos reducibles a moderado	I-09 (compactación suelo), I-17 (aguas residuales)	CONDICIONADO a implementación de Medidas VI-02, VI-06 y VI-07
Especies bajo protección especial	Thrinax radiata (A), Ctenosaura similis (A) — NOM-059-SEMARNAT-2010	CONDICIONADO a implementación de Medidas VI-01 y VI-10
Balance impactos positivos vs negativos	23 impactos identificados: 14 negativos (1 irrelevante, 10 moderados, 3 severos) y 9 positivos	POSITIVO con medidas de mitigación implementadas
Viabilidad ambiental general	VIABLE CON CONDICIONANTES	Sujeto a cumplimiento integral del Capítulo VI y PVA

El presente Capítulo VII demuestra que el proyecto VELAMAR ETAPA 1 es técnica y ambientalmente viable, y que los impactos ambientales identificados son manejables mediante las medidas propuestas. La alternativa seleccionada representa el mejor balance entre desarrollo socioeconómico ordenado y protección ambiental en el contexto de la costa norte de Yucatán, contribuyendo a un aprovechamiento planificado y regulado del territorio frente a la alternativa del desarrollo informal sin control ambiental.

CONTENIDO

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES 2

VIII.1. METODOLOGÍAS EMPLEADAS EN LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO 2

VIII.1.1. Metodología para el inventario florístico 2

VIII.1.2. Metodología para el inventario faunístico 3

VIII.1.3. Índices ecológicos: Shannon-Wiener, Pielou y Valor de Importancia Relativa 4

VIII.1.4. Metodología de evaluación de impactos ambientales: Conesa-Fernández Vítora (1997) 5

VIII.2. CARTOGRAFÍA Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS ESPACIAL 7

VIII.3. MARCO NORMATIVO APLICABLE AL PROYECTO 8

VIII.4. GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS 11

VIII.5. BIBLIOGRAFÍA 13

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

El presente capítulo describe los instrumentos metodológicos, herramientas de análisis, cartografía empleada y el marco normativo que sustentan la información presentada en los capítulos precedentes del Manifiesto de Impacto Ambiental del proyecto VELAMAR ETAPA 1. Asimismo, se incluye el glosario de términos técnicos utilizados y la bibliografía consultada en la elaboración del estudio.

VIII.1. METODOLOGÍAS EMPLEADAS EN LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO

VIII.1.1. Metodología para el inventario florístico

El inventario florístico del predio se realizó mediante la combinación de dos técnicas de muestreo complementarias:

MÉTODO DE PARCELAS FIJAS (TRANSECTOS): Se establecieron transectos de 50 × 4 m (200 m^2 cada uno) distribuidos de forma representativa en el predio, cubriendo los tres estratos de vegetación identificados: arbóreo, arbustivo y herbáceo. En cada transecto se registraron: nombre científico y nombre común de cada especie, número de individuos por especie, altura promedio, cobertura estimada (escala de Braun-Blanquet) y presencia de individuos bajo alguna categoría de protección según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

MÉTODO DE LIBRE TRAYECTO: Complementariamente al método de parcelas, se realizaron recorridos libres por todo el predio para registrar especies raras o de baja densidad que podrían no ser captadas por los transectos. Se tomaron fotografías georreferenciadas de las especies identificadas, especialmente de aquellas bajo protección especial (Thrinax radiata, Nopalea gaumeri, Pithecellobium keyense, Sideroxylon americanum).

IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA: La identificación de las especies se realizó en campo mediante el uso de guías de campo especializadas (Flores y Espejel, 1994; Rzedowski, 1998; Sosa et al., 1985) y mediante consulta de la base de datos del Sistema de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB-CONABIO). La nomenclatura científica sigue el sistema del Missouri Botanical Garden (Tropicos.org). El estatus de protección se verificó contra la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 30 de diciembre de 2010, modificaciones DOF 14 de noviembre de 2019).

VIII.1.2. Metodología para el inventario faunístico

El inventario faunístico contempló los grupos taxonómicos con mayor representatividad en los ecosistemas de duna costera del norte de Yucatán: herpetofauna (reptiles y anfibios), avifauna y mastofauna. Se emplearon los siguientes métodos:

HERPETOFAUNA — TRANSECTOS EN FRANJA: Se establecieron transectos de 100 × 4 m en los cuales se realizaron búsquedas activas en ambos lados del transecto, inspeccionando refugios (hojarasca, troncos, rocas, hoyos) durante horario diurno (07:00–12:00 h) y horario crepuscular (17:00–19:00 h). Para cada individuo detectado se registró: especie, número de individuos, sexo (cuando fue posible), actividad y microhábitat. La densidad se estimó mediante el método de Estimación de Densidad por Transecto de Ancho Variable (ETAV).

AVIFAUNA — PUNTOS DE CONTEO: Se establecieron puntos de conteo de radio fijo (25 m) distribuidos en el predio, con observaciones de 10 minutos por punto en horario de 06:00–09:00 h. Se registraron todas las aves detectadas por vista u oído. Se utilizó binoculares 8×42 y la guía de campo de Howell y Webb (1995). Las aves residentes se distinguieron de las migratorias mediante consulta de bases de datos (eBird-Cornell Lab of Ornithology).

MASTOFAUNA — BÚSQUEDA DE INDICIOS: La mastofauna de mediana y pequeña talla se inventarió mediante búsqueda de indicios (huellas, excretas, madrigueras, restos alimenticios) a lo largo de los transectos y en sitios con mayor probabilidad de presencia (bordes de vegetación, cuerpos de agua). Las especies de mamíferos mayores se

registraron mediante entrevistas a pobladores locales para complementar el listado de presencia probable en el área.

DETERMINACIÓN DEL ESTATUS DE PROTECCIÓN: Para todas las especies registradas se verificó su estatus de protección en: NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN Red List (versión 2023-1) y CITES (Apéndices I, II y III, vigentes a 2025).

VIII.1.3. Índices ecológicos: Shannon-Wiener, Pielou y Valor de Importancia Relativa

Para la caracterización cuantitativa de la diversidad florística y faunística del predio, se calcularon los siguientes índices ecológicos:

A) ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (H')

El índice de Shannon-Wiener (Shannon y Wiener, 1949) cuantifica la diversidad de especies en una comunidad considerando tanto la riqueza como la equitatividad en la distribución de individuos. Se calcula mediante la fórmula:

$$H' = -\Sigma (pi \times \ln pi)$$

Donde: pi = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos en la muestra; ln = logaritmo natural. Los valores de H' varían entre 0 (comunidad dominada por una sola especie) y ln(S) (comunidad con máxima equitatividad, donde S es el número de especies). Valores de H' > 2.0 nat/individuo indican diversidad media-alta; valores entre 1.0 y 2.0 indican diversidad media; valores < 1.0 indican baja diversidad.

B) ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J')

El índice de Pielou (Pielou, 1966) expresa qué tan equitativamente se distribuyen los individuos entre las especies registradas, en relación con el máximo posible de equitatividad para la riqueza observada:

$$J' = H' / H'max = H' / \ln(S)$$

Donde: H' = índice de Shannon-Wiener calculado; H'max = máxima diversidad posible = ln(S); S = número de especies registradas. J' varía entre 0 (máxima dominancia de una especie) y 1 (equitatividad perfecta). Valores de J' > 0.6 se consideran indicativos de comunidades con distribución relativamente equitativa.

C) VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA (VIR)

El Valor de Importancia Relativa (Curtis y McIntosh, 1950; Müller-Dombois y Ellenberg, 1974) permite identificar las especies estructural y funcionalmente más importantes en la comunidad vegetal. Se calcula como la suma de tres parámetros relativos:

VIR = CR + FR + DR (estrato herbáceo y arbustivo)

VIR = CR + FR + ABR (estrato arbóreo)

Donde: CR = Cobertura Relativa (%) = (cobertura de la especie i / cobertura total de todas las especies) × 100; FR = Frecuencia Relativa (%) = (frecuencia de la especie i / frecuencia total de todas las especies) × 100; DR = Densidad Relativa (%) = (número de individuos de la especie i / número total de individuos) × 100; ABR = Área Basal Relativa (%) = (área basal de la especie i / área basal total) × 100 (para estrato arbóreo). El VIR máximo para cualquier especie es 300% (si dicha especie concentra el 100% de los tres parámetros relativos). Valores de VIR > 50 indican especies dominantes o codominantes en la comunidad.

VIII.1.4. Metodología de evaluación de impactos ambientales: Conesa-Fernández Vítora (1997)

La evaluación de impactos ambientales del proyecto VELAMAR ETAPA 1 (Capítulo V) se realizó mediante la metodología propuesta por Conesa-Fernández Vítora (1997), basada en la ponderación matricial de nueve atributos de cada impacto para obtener un Índice de Importancia (I) que permite clasificar la significancia del impacto.

LA FÓRMULA DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO es:

I = ±(3In + 2Ex + Mo + Pe + Rv + Si + Ac + Ef + Pr + Mc)

El signo (±) indica la naturaleza del impacto: negativo (–) o positivo (+).

Tabla VIII.1. Atributos y valores del índice de importancia del impacto (Conesa-Fernández Vítora, 1997).

Símbolo	Atributo	Descripción	Valores posibles
In	Intensidad	Grado de destrucción del factor ambiental afectado	1 (mínimo), 2 (bajo), 4 (medio), 8 (alto), 12 (total)
Ex	Extensión	Fracción del territorio afectada en relación con el entorno del proyecto	1 (puntual), 2 (parcial), 4 (extensa), 8 (total), 4+4 (crítico)
Mo	Momento	Plazo de manifestación del impacto (tras la acción)	1 (largo plazo: >5 años), 2 (medio plazo: 1–5 años), 4 (inmediato: <1 año), 4+4 (crítico)
Pe	Persistencia	Tiempo de permanencia del impacto	1 (fugaz: <1 año), 2 (temporal: 1–10 años), 4 (permanente: >10 años)
Rv	Reversibilidad	Posibilidad de retornar a condiciones iniciales por medios naturales	1 (corto plazo: <1 año), 2 (medio plazo: 1–10 años), 4 (irreversible: >10 años)
Si	Sinergia	Refuerzo de la acción conjunta de dos o más efectos simples	1 (sin sinergismo), 2 (sinérgico), 4 (muy sinérgico)
Ac	Acumulación	Incremento progresivo del impacto cuando persiste la acción que lo genera	1 (simple), 4 (acumulativo)
Ef	Efecto	Relación causa-efecto (directa o indirecta)	1 (indirecto), 4 (directo)
Pr	Periodicidad	Regularidad de manifestación del impacto	1 (irregular o aperiódico), 2 (periódico), 4 (continuo)
Mc	Recuperabilidad	Posibilidad de reconstrucción del factor afectado por medios humanos	1 (recuperable de inmediato), 2 (recuperable a medio plazo), 4 (mitigable), 8 (irrecuperable)

Tabla VIII.2. Clasificación de impactos según el índice de importancia (I).

Rango del índice (I)	Categoría del impacto	Descripción
I < 25	IRRELEVANTE	Impacto de escasa significancia. No requiere medidas específicas de mitigación.
25 ≤ I < 50	MODERADO	Impacto de moderada significancia. La recuperación de las condiciones originales es posible a mediano plazo mediante medidas correctoras.
51 ≤ I < 75	SEVERO	Impacto significativo que requiere medidas de mitigación rigurosas. La recuperación de las condiciones originales requiere tiempo prolongado y medidas técnicas específicas.
I ≥ 75	CRÍTICO	Impacto de elevada significancia, por encima del umbral tolerable. Requiere modificación del proyecto o de su localización para ser admisible.

VIII.2. CARTOGRAFÍA Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS ESPACIAL

Para la caracterización del sistema ambiental regional y el área de influencia del proyecto, se utilizaron las siguientes fuentes cartográficas y herramientas de análisis espacial:

Tabla VIII.3. Fuentes cartográficas y bases de datos geoespaciales empleadas.

Fuente / Capa	Escala / Resolución	Año	Aplicación en el estudio
INEGI — Conjunto Nacional de Uso de Suelo y Vegetación (Serie VII)	1:250,000	2018	Caracterización del uso de suelo y vegetación en el área de influencia. Unidad de vegetación: Duna Costera (Uc).
INEGI — Modelo Digital de Elevación (MDE)	Resolución 15 m (escala 1:50,000)	2013	Análisis del relieve y pendientes del predio y área de influencia.
INEGI — Carta Edafológica	1:250,000 (Clave E16-1)	2018	Caracterización de la unidad de suelo: Gleysol éutrico (GLen).
INEGI — Carta Hidrológica de Aguas Subterráneas	1:250,000	2015	Caracterización del acuífero Yucatán y profundidad del nivel freático.
CONAGUA — Normales Climatológicas	Estación Progreso 31-121	1981-2010	Datos climáticos: temperatura, precipitación, evapotranspiración, rosa de vientos.

Fuente / Capa	Escala / Resolución	Año	Aplicación en el estudio
SEMARNAT-INEGI — Carta de Regiones Terrestres Prioritarias	1:250,000	2010	Identificación de la Región Terrestre Prioritaria: RTP-148 Dzibilchaltún.
CONABIO — Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS)	Polígonos	2022	Verificación de intersección del área de influencia con AICA YUC-2 (Costa Norte de Yucatán).
RAN — Registro Agrario Nacional / Catastro Municipal de Ixil	Planos catastrales	2024	Verificación de linderos, superficie y régimen de propiedad del predio.
Google Earth Pro — Imágenes de satélite	Resolución ~0.5 m	2024	Verificación de la cubierta vegetal actual y delimitación del polígono del predio.
Herramienta: QGIS v3.28 (ESRI ArcGIS compatible)	N/A	2024	Análisis espacial, superposición de capas, cálculo de superficies y generación de cartografía temática.

VIII.3. MARCO NORMATIVO APLICABLE AL PROYECTO

El presente Manifiesto de Impacto Ambiental se elaboró considerando el marco normativo ambiental vigente aplicable al proyecto VELAMAR ETAPA 1. Las disposiciones normativas se presentan en orden jerárquico (constitucional, leyes federales, reglamentos y normas oficiales mexicanas):

A) Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

- Artículo 4°. Párrafo quinto. Establece el derecho de toda persona a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, y la obligación del Estado de garantizar ese derecho.
- Artículo 27°. Párrafo tercero. Establece las modalidades sobre el uso de recursos naturales y la conservación del equilibrio ecológico.

B) Leyes Federales

Tabla VIII.4. Leyes federales aplicables al proyecto VELAMAR ETAPA 1.

Ley	Publicación / Última reforma	Artículos relevantes
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	DOF 28-ene-1988; última reforma DOF 18-ene-2021	Arts. 28–35 (EIA); Arts. 98–103 (suelo); Arts. 117–133 (agua); Arts. 87–97 (flora y fauna)
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)	DOF 25-feb-2003; última reforma DOF 23-abr-2014	Arts. 93, 117 (cambio de uso de suelo en terrenos forestales). Verificación de aplicabilidad al predio.
Ley de Aguas Nacionales (LAN)	DOF 01-dic-1992; última reforma DOF 24-mar-2016	Arts. 88–93 (descarga de aguas residuales); Art. 85 (zonas de veda)
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)	DOF 08-oct-2003; última reforma DOF 19-ene-2018	Arts. 40–45 (residuos de manejo especial y peligrosos en obra)
Ley General de Vida Silvestre (LGVS)	DOF 03-jul-2000; última reforma DOF 19-ene-2018	Arts. 58–65 (protección de especies en riesgo); Arts. 78–80 (colecta científica)
Ley Federal de Derechos (LFD)	DOF 31-dic-1981; reformas anuales	Arts. 194–194-N (aprovechamiento de agua; derechos de descarga)

C) Reglamentos Federales

- Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. DOF 30-may-2000, última reforma DOF 26-ene-2018. Base legal del procedimiento de EIA en el que se enmarca el presente MIA.
- Reglamento de la LGEEPA en materia de Residuos Peligrosos. DOF 25-nov-1988. Aplicable al manejo de residuos peligrosos generados en la etapa de construcción.
- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. DOF 12-ene-1994, última reforma DOF 25-ago-2014. Marco para la obtención del permiso de descarga de aguas residuales tratadas ante CONAGUA.

D) Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) aplicables

Tabla VIII.5. Normas Oficiales Mexicanas aplicables al proyecto VELAMAR ETAPA 1.

NOM	Materia	Aplicación en el proyecto
NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 30-dic-2010; mod. 14-nov-2019)	Protección ambiental de especies nativas de flora y fauna silvestre — categorías de riesgo	Thrinax radiata (Amenazada); Ctenosaura similis (Amenazada). Programa de rescate de flora (Medida VI-01) y protección de fauna (Medida VI-10).
NOM-001-SEMARNAT-1996 (DOF 06-ene-1997)	LMP para aguas residuales en cuerpos receptores de propiedad nacional y bienes del dominio público	Límites máximos permisibles del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales (Medida VI-07).
NOM-003-SEMARNAT-1997 (DOF 21-sep-1998)	LMP para aguas residuales tratadas para reúso en servicios al público	Uso del agua tratada para riego de áreas verdes y área de conservación.
NOM-041-SEMARNAT-2015 (DOF 11-ago-2015)	LMP de emisiones de gases contaminantes de vehículos con motor a gasolina en circulación	Verificación vehicular de equipos de obra (Medida VI-03).
NOM-044-SEMARNAT-2017 (DOF 22-ago-2017)	LMP de emisiones de vehículos automotores a diesel	Verificación vehicular de maquinaria y camiones de carga en obra (Medida VI-03).
NOM-052-SEMARNAT-2005 (DOF 23-jun-2006)	Características, procedimiento de identificación y listados de residuos peligrosos	Clasificación y manejo de residuos peligrosos generados en obra (Medida VI-04).
NOM-081-SEMARNAT-1994 (DOF 13-ene-1995)	LMP de emisión de ruido de fuentes fijas y su método de medición	Control de ruido perimetral durante la etapa de construcción (Medida VI-03). Límite: 68 dB(A) en horario diurno.
NOM-010-STPS-1999 (DOF 13-mar-2000)	Condiciones de seguridad e higiene en el medio ambiente de trabajo — sustancias químicas contaminantes	Protección del personal de obra ante exposición a sustancias químicas en construcción.

VIII.4. GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS

A continuación se definen los términos técnicos y acrónimos empleados en el presente Manifiesto de Impacto Ambiental:

Término / Acrónimo	Definición
Acuífero	Formación geológica o grupo de formaciones que contienen agua y permiten que cantidades significativas de agua se muevan a través de ellas (CONAGUA, 2015).
Amenazada (A)	Categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Especie o población de flora o fauna en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo si siguen operando los factores que la deterioran o afectan negativamente.
Área de Conservación	Superficie dentro del predio del proyecto delimitada para la conservación de la vegetación nativa y la fauna silvestre, sin destinarla a usos urbanos o productivos.
Biodiversidad / Diversidad biológica	Variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres, marinos y acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte (CDB, 1992).
Cambio de uso de suelo (CUS)	Modificación de la vocación natural o predominante de los suelos, que se lleva a cabo a través de los procesos de autorización por parte de la SEMARNAT conforme a la LGDFS.
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua.
Duna Costera (Uc)	Unidad de vegetación según la clasificación INEGI (Serie VII). Comunidad vegetal adaptada a sustratos arenosos móviles de origen marino, caracterizada por la presencia de especies halófitas y psamófilas.
Ecosistema	La unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados (LGEEPA, Art. 3).
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental. Procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico (LGEEPA, Art. 28).
Equitatividad (J')	Medida de cómo se distribuyen los individuos entre las especies de una comunidad. Se expresa mediante el índice de Pielou (J').
Factor ambiental	Componente del ambiente susceptible de ser afectado por el proyecto: aire, agua, suelo, vegetación, fauna, paisaje, socioeconómico.

Término / Acrónimo	Definición
Gleysol	Suelo caracterizado por presentar un horizonte gleico (de reducción química por saturación prolongada de agua), generalmente de color grisáceo o azulado, formado en condiciones de anoxia.
Impacto ambiental	Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (LGEEPA, Art. 3, Fr. XIX).
Índice de Shannon-Wiener (H')	Medida de la diversidad de especies en una comunidad que combina riqueza y equitatividad. $H' = -\Sigma(pi \times \ln pi)$.
LMP	Límite Máximo Permisible. Concentración o nivel de un contaminante que, si se rebasa, produce daños a la salud humana, al ambiente o a los recursos naturales.
MIA	Manifiesto de Impacto Ambiental. Documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental significativo y potencial que generaría una obra o actividad (LGEEPA, Art. 30).
NOM	Norma Oficial Mexicana. Regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes.
NOM-059-SEMARNAT-2010	Norma que establece el proceso de evaluación del riesgo de extinción de las especies nativas de México de flora y fauna silvestres y que clasifica a las especies en: Probablemente Extinta en el Medio Silvestre (E), En Peligro de Extinción (P), Amenazada (A) y Sujeta a Protección Especial (Pr).
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SITAR DLD-14	Sistema integral de tratamiento de aguas residuales tipo SITAR (Sistema de Tratamiento Anaerobio-Aerobio), modelo DLD-14, diseñado para el tratamiento de aguas residuales domésticas en desarrollos habitacionales.
VIR	Valor de Importancia Relativa. Índice que integra la cobertura, frecuencia y densidad (o área basal) relativas de una especie para cuantificar su importancia estructural en la comunidad vegetal.

VIII.5. BIBLIOGRAFÍA

A continuación se presenta la bibliografía consultada en la elaboración del presente Manifiesto de Impacto Ambiental, organizada alfabéticamente y en formato APA (7ª edición):

Aranda, J. M. (2000). Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz.

Brower, J. E., Zar, J. H., y Von Ende, C. N. (1997). Field and laboratory methods for general ecology (4ª ed.). Wm. C. Brown Publishers.

CONABIO. (2022). Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México. Recuperado de https://www.snib.mx

CONAGUA. (2015). Estadísticas del agua en México, edición 2015. Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México.

CONAGUA. (2021). Monitor de sequía en México. Comisión Nacional del Agua. Recuperado de https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatología/Sequía/MSM

Conesa-Fernández Vítora, V. (1997). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (3ª ed.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Curtis, J. T., y McIntosh, R. P. (1950). The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. Ecology, 31(3), 434–455. https://doi.org/10.2307/1931497

Flores, J. S., y Espejel, C. I. (1994). Tipos de vegetación de la Península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense, fascículo 3. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán.

García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (5ª ed.). Instituto de Geografía, UNAM. Ciudad de México.

Howell, S. N. G., y Webb, S. (1995). A guide to the birds of Mexico and northern Central America. Oxford University Press.

INEGI. (2017). Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación, escala 1:250,000 Serie VI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.

INEGI. (2018). Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación, escala 1:250,000 Serie VII. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.

INEGI. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/

IUCN. (2023). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1. International Union for Conservation of Nature. Recuperado de https://www.iucnredlist.org

Lee, J. C. (1996). The amphibians and reptiles of the Yucatán Peninsula. Comstock Publishing Associates. Cornell University Press. Ithaca, Nueva York.

Magurran, A. E. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. Nueva Jersey.

Müller-Dombois, D., y Ellenberg, H. (1974). Aims and methods of vegetation ecology. Wiley and Sons. Nueva York.

Orellana, R., Balam, M., Bañuelos, I., García, E., González-Iturbe, J. A., Herrera, J., y Vega, M. A. (1999). Evaluación climática. En: García, A., y Córdova, C. (Coords.), Atlas de procesos territoriales de Yucatán (pp. 163–182). Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida.

Pielou, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal of Theoretical Biology, 13, 131–144. https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0

Rzedowski, J. (1998). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. En: Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A., y Fa, J. (Eds.), Diversidad biológica de México: orígenes y distribución (pp. 129–145). Instituto de Biología, UNAM. Ciudad de México.

SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010 (con modificaciones DOF 14 de noviembre de 2019).

SEMARNAT. (2018). Guía para la presentación del Manifiesto de Impacto Ambiental, modalidad particular, del sector vías generales de comunicación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México.

Shannon, C. E., y Wiener, W. (1949). The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana.

Sosa, V., Flores, J. S., Rico-Gray, V., Lira, R., y Ortiz, J. J. (1985). Lista florística y sinonimia maya. Etnoflora Yucatanense, fascículo 1. INIREB. Xalapa, Veracruz.

Tokeshi, M. (1993). Species abundance patterns and community structure. Advances in Ecological Research, 24, 111–186.

Trejo-Torres, J. C., y Ackerman, J. D. (2001). Biogeography of the Antilles based on a parsimony analysis of orchid distributions. Journal of Biogeography, 28(6), 775–794.

Wilson, D. E., y Reeder, D. M. (Eds.). (2005). Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference (3ª ed., 2 vols.). Johns Hopkins University Press. Baltimore.

Legislación consultada:

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Última reforma publicada DOF 28 de mayo de 2021.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). DOF 28 de enero de 1988; última reforma DOF 18 de enero de 2021.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). DOF 25 de febrero de 2003; última reforma DOF 23 de abril de 2014.

Ley de Aguas Nacionales (LAN). DOF 01 de diciembre de 1992; última reforma DOF 24 de marzo de 2016.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). DOF 08 de octubre de 2003; última reforma DOF 19 de enero de 2018.

Ley General de Vida Silvestre (LGVS). DOF 03 de julio de 2000; última reforma DOF 19 de enero de 2018.

Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. DOF 30 de mayo de 2000; última reforma DOF 26 de enero de 2018.

NOM-001-SEMARNAT-1996. DOF 06 de enero de 1997.

NOM-003-SEMARNAT-1997. DOF 21 de septiembre de 1998.

NOM-041-SEMARNAT-2015. DOF 11 de agosto de 2015.

NOM-044-SEMARNAT-2017. DOF 22 de agosto de 2017.

NOM-052-SEMARNAT-2005. DOF 23 de junio de 2006.

NOM-059-SEMARNAT-2010. DOF 30 de diciembre de 2010; modificaciones DOF 14 de noviembre de 2019.

NOM-081-SEMARNAT-1994. DOF 13 de enero de 1995.