CAPÍTULO

I

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

CONTENIDO

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE, DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO....1
I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO....1
I.1.1 NOMBRE DEL PROYECTO....1
I.2 PROMOVENTE....1
I.2.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL....1
I.2.2 REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES DEL PROMOVENTE....1
I.2.3 CURP DEL PROMOVENTE....1
I.2.4 DIRECCIÓN DEL PROMOVENTE O DE SU REPRESENTANTE LEGAL....1
I.3 RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL....1
I.3.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL....1
I.3.2 REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES O CURP....1
I.3.3 DIRECCIÓN Y CONTACTO DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO....2
I.3.4 NOMBRE DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO....2
I.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO....3
I.4.1. NATURALEZA DEL PROYECTO....3
I.4.2. UBICACIÓN Y DIMENSIONES....4
I.4.3. INVERSIÓN REQUERIDA....10
I.4.4. URBANIZACIÓN DEL ÁREA Y DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS REQUERIDOS....10
I.5. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO....16
I.5.1. PROGRAMA DE TRABAJO....18
I.5.2. PREPARACIÓN DEL SITIO....19
I.5.3. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN....19
I.5.4. ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO....24
I.5.5. DESCRIPCIÓN DE OBRAS ASOCIADAS AL PROYECTO....25
I.5.6. ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO....25
I.5.7. GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y EMISIONES A LA ATMÓSFERA....25
I.5.8. INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO Y LA DISPOSICIÓN ADECUADA DE LOS RESIDUOS....29

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

I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

I.1.1 NOMBRE DEL PROYECTO

CONSTRUCCIÓN DE CASA DE PLAYA CHAVEZ

I.2 PROMOVENTE

I.2.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL

FELIPE CHAVEZ OCAMPO

I.2.2 REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES DEL PROMOVENTE

[redacted]

I.2.3 CURP DEL PROMOVENTE

[redacted]

I.2.4 DIRECCIÓN DEL PROMOVENTE O DE SU REPRESENTANTE LEGAL

[redacted]

I.3 RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

I.3.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL

BIOGEA Consultoría Ambiental

I.3.2 REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES O CURP

CARA8904031C0

I.3.3 DIRECCIÓN Y CONTACTO DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO

[redacted]

I.3.4 NOMBRE DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO

[redacted]
Alem Ricardo Canto Rodríguez
[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

En el Anexo 4 se encuentra una copia simple de las identificaciones y cedulas profesionales de los colaboradores para la elaboración de este Estudio (Versión impresa y digital).

Declaro bajo protesta de decir verdad que los resultados de la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales (Artículo 36 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental). Nombre y firma electrónica digital del responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental

_____
Biól. Alem Ricardo Canto Rodriguez

Nota: La responsabilidad respecto del contenido del presente documento corresponderá a quien lo elabore. Si se comprueba que en la elaboración de los documentos en cuestión la información es falsa, el responsable será sancionado de conformidad con el Capítulo IV del Título Sexto de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), sin perjuicio de las sanciones que resulten de la aplicación de otras disposiciones jurídicas relacionadas.

I.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la construcción y operación de una casa de segunda residencia, promovido por el C. Felipe Chavez Ocampo, quien se encargará de verificar el cumplimiento de las medidas expuestas del presente estudio con el fin de evitar o disminuir los impactos que pudieran ocasionarse por la implementación del proyecto. El predio cuenta con una superficie de 999.99 m^2 y se ubica en el litoral costero del estado de Yucatán, dentro de la localidad y municipio de Dzemul.

El proyecto es una obra nueva y pretende ofrecer a los propietarios las condiciones de una infraestructura innovadora, confortable y atractiva, con diseños arquitectónicos que permitan el aprovechamiento del paisaje natural, sin provocar una alteración grave al ecosistema, postulando un desarrollo habitacional sustentable para la conservación y preservación del ambiente. La obra, además, contará con los servicios básicos, así como espacios adecuados y ordenados que satisfagan las necesidades de los propietarios

La zona y los alrededores donde se pretende desarrollar el proyecto se observan viviendas veraniegas de segunda residencia, así como otros desarrollos inmobiliarios, hoteles, departamentos, etc., por lo que contribuirá a la densificación habitacional de la franja costera, mayormente en los meses de verano y ocasionalmente en otros periodos vacacionales.

Es importante mencionar que durante el desarrollo del proyecto no se realizarán actividades consideradas como riesgosas, ni se producirán residuos peligrosos o diferentes a los generados por un desarrollo habitacional.

La construcción de obra civil tiene un alto nivel de encadenamientos con sectores productivos del Estado, por lo que contribuirá al desarrollo económico local, generando durante las diferentes etapas fuentes de ingreso y empleo, beneficiando a pobladores de la zona.

I.4.1. NATURALEZA DEL PROYECTO

El presente estudio se refiere a la evaluación y mitigación de los impactos ambientales producidos por el proyecto denominado **Construcción de Casa de Playa CHAVEZ** para la estancia del promovente y de sus familiares, el cual se localiza en la Región III Litoral Centro del estado de Yucatán, en la localidad y municipio de Dzemul, Yucatán.

La casa contará con obras constructivas tales, la vivienda que contará con baños, escaleras, sala, comedor, cocina, recámaras, un estacionamiento para una casa rodante, áreas verdes, andadores y piscina, etc. Es importante mencionar que algunas de las obras no requerirán del sellamiento del suelo, manteniendo superficies permeables con suelo. Cabe señalar que la casa constará de dos niveles con el fin de optimizar el uso del porcentaje de construcción permitido de acuerdo al POETCY. Así mismo considera el establecimiento de un área de conservación.

Las áreas de conservación incluirán plantaciones con vegetación nativa, con el objetivo de dar continuidad a la prestación de servicios ambientales, así como la captación e infiltración del agua, captura de carbono, generación de oxígeno, protección del suelo y conservación de la biodiversidad.

Actualmente, el sitio cuenta con una red de energía eléctrica; sin embargo, al no disponer de una red de drenaje sanitario para la conducción y manejo de las aguas residuales, se propone la instalación de sistemas individuales de tratamiento DLD14 (SITAR), los cuales emplean procesos biológicos anaerobios y sedimentación de alta tasa para favorecer la degradación de la materia orgánica y la retención de sólidos suspendidos presentes en las aguas residuales domésticas. Estos sistemas permiten reducir la carga contaminante del agua residual antes de su disposición final, contribuyendo a disminuir el riesgo de contaminación del suelo y del manto acuífero. Su instalación y funcionamiento se realizarán conforme a las especificaciones técnicas del fabricante y considerando las condiciones del terreno y la profundidad del nivel freático, con el propósito de prevenir afectaciones al acuífero y al medio ambiente (véase detalle en Anexo 7).

La construcción de este tipo de infraestructura, da la oportunidad a sus usuarios de disfrutar del paisaje de tipo costero, sin generar impactos significativos al mismo, ni al entorno, que, por otra parte, se encuentra alterado después de décadas de venir desarrollando múltiples construcciones a lo largo de la costa.

Durante las actividades no se permitirá el aprovechamiento de arena. El material sobrante que se obtenga de las actividades de excavación, será extendido en áreas de la misma propiedad. Así mismo, este tipo de proyecto no realizará actividades consideradas como riesgosas, y tampoco serán afectados cuerpos de agua, ni otras áreas de la zona costera que no estén expresamente solicitadas en este documento.

El proyecto busca integrarse al medio ambiente natural, procurando impactar lo menos posible; situación que es definitiva y relevante para la conservación de las condiciones de la zona, por lo que su diseño será agradable a la vista y al entorno.

De acuerdo con Miranda (1978), la vegetación reportada para la zona en la cual se pretende establecer el proyecto, presenta un tipo de vegetación de Matorral de Duna Costera. Este tipo de vegetación se extiende a lo largo de la costa del Estado de Yucatán, sin embargo, actualmente la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, serie VI (2016) clasifica la zona no aplicable, debido a que esta se encuentra inmersa en un área ya urbanizada (Ver capítulo 4).

De acuerdo a lo anterior, el proyecto en cuestión podrá calificarse como respetable a las condiciones del medio ambiente, dado que no conlleva una sobreexplotación de recursos naturales o incremento de la contaminación a la atmósfera, agua o suelo, por lo que se considera que la propuesta arquitectónica es funcional y no representa un nivel significativo de impactos adversos, ya que el mismo ha sido valorado en vinculación con una aptitud ambiental, económica y cultural de la zona.

I.4.2. UBICACIÓN Y DIMENSIONES

El polígono donde se pretende desarrollar el proyecto se localiza en la Región III Litoral Centro, a 40 km de la Ciudad de Mérida. El proyecto se ubica específicamente en un polígono conformado por los predios rústicos marcados con los Tablajes Catastrales No. 5163 y 5164 pertenecientes a la localidad y Municipio de Dzemul, Yucatán, México.

Se presentan a continuación, los mapas con la ubicación del sitio donde se establecerá el proyecto:

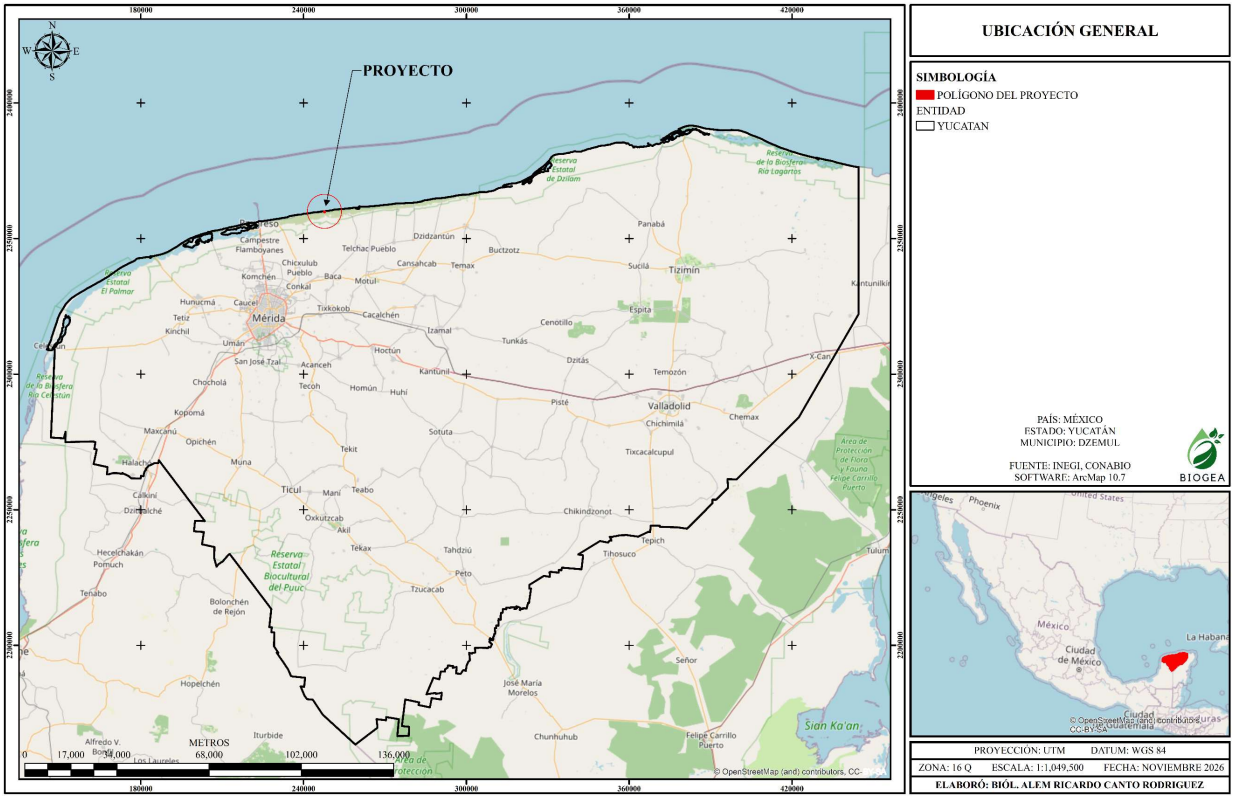


Figura I.1. Ubicación general del polígono del proyecto en el estado de Yucatán.

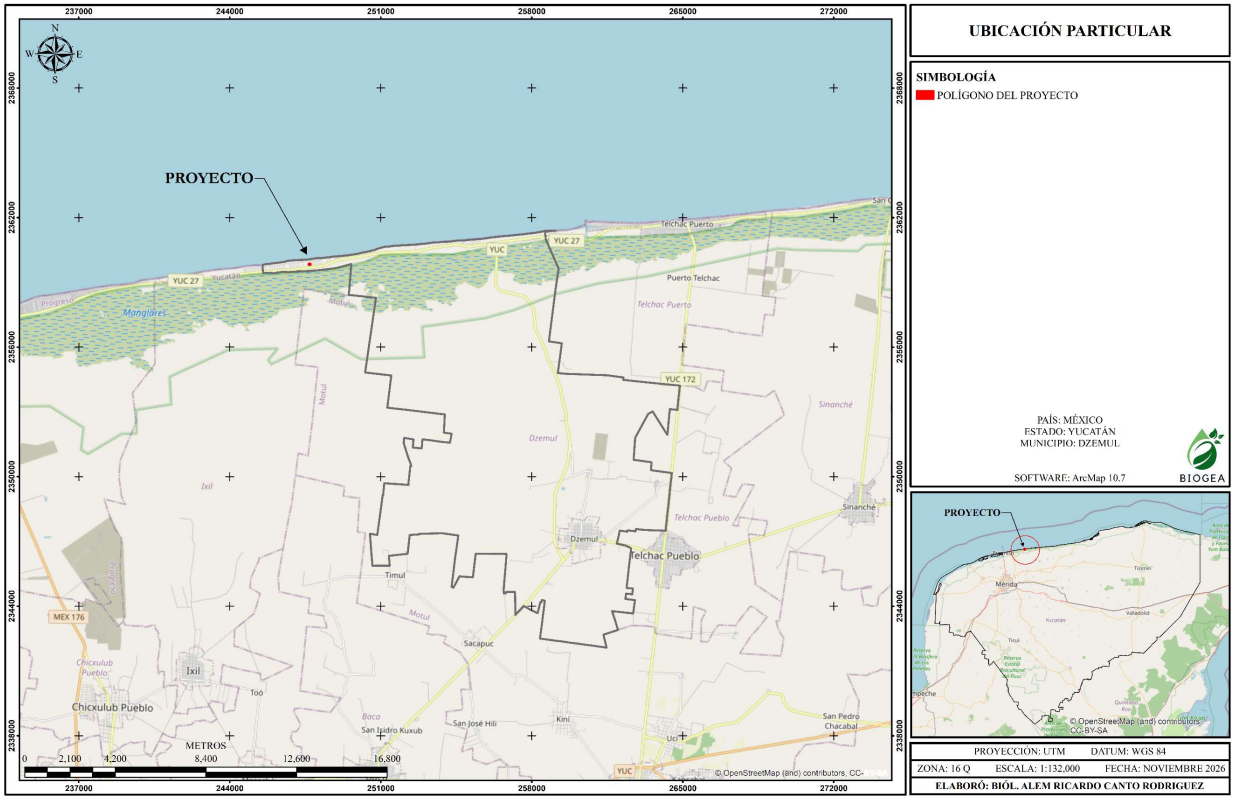


Figura I.2. Ubicación particular del polígono del proyecto en el municipio de Dzemul.

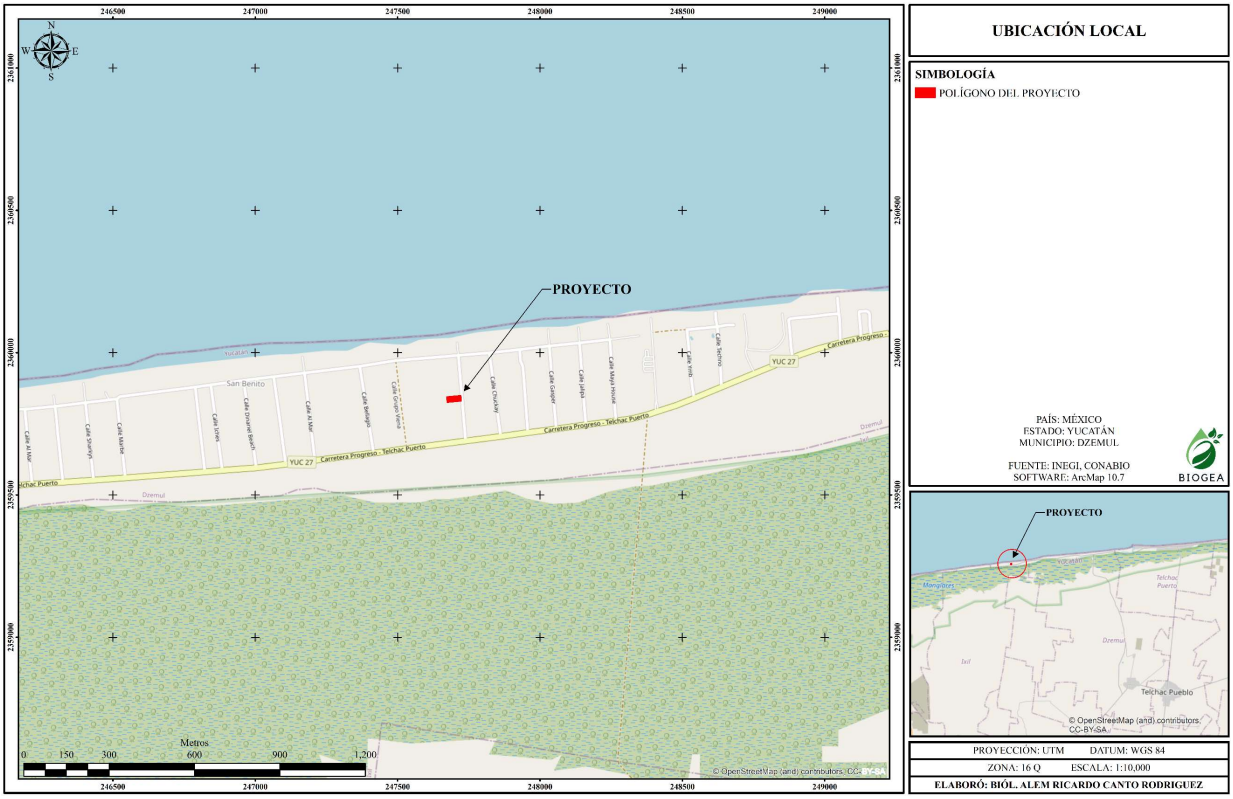


Figura I.3. Ubicación local del predio en la localidad de Dzemul.

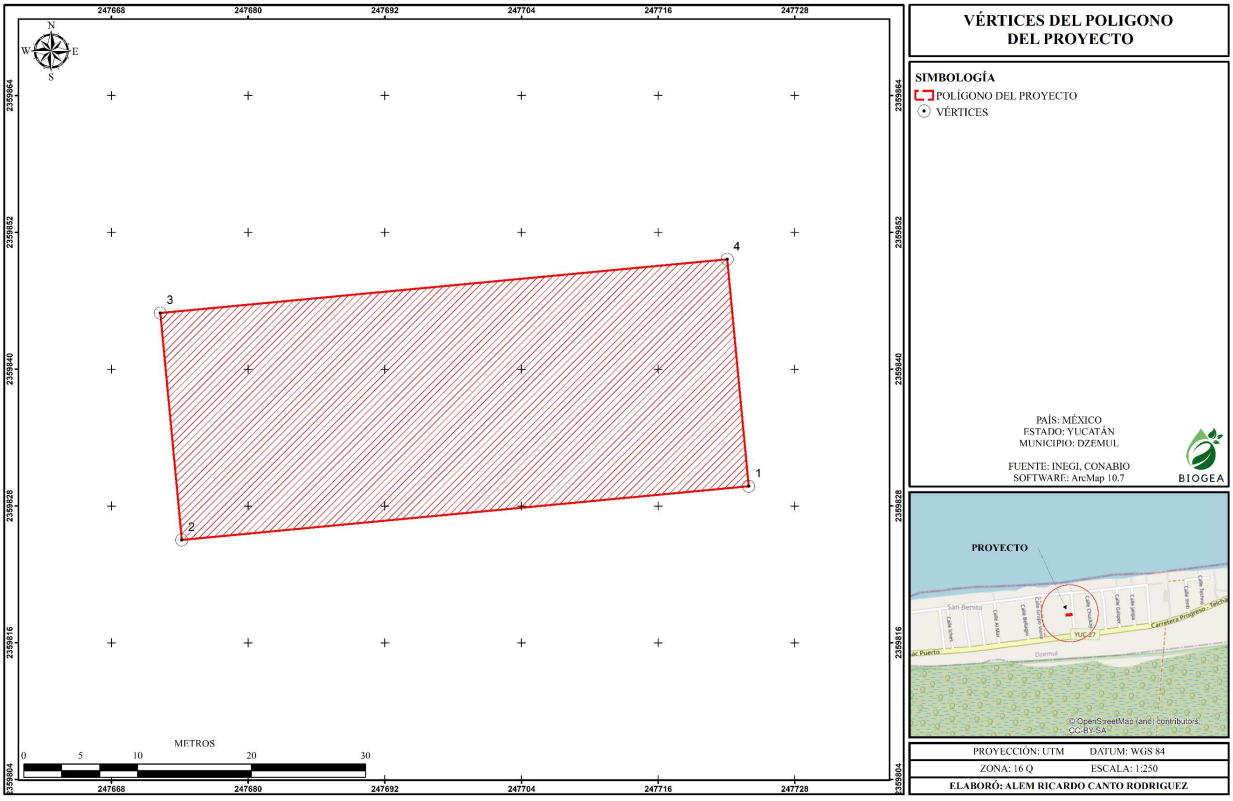


Figura I.4. Vértices del polígono del proyecto.

Tabla I.1. Coordenadas geográficas (UTM ZONA 16Q) del predio.

VÉRTICES	X	Y
1	247723.95	2359829.73
2	247674.17	2359825.02
3	247672.29	2359844.93
4	247722.07	2359849.64
SUPERFICIE: 999.99 m^2		

Es importante mencionar que el predio no se ubica en una zona de riesgo, es decir, es nula de actividades sísmicas. La superficie del territorio es plana como en casi toda la península, cuenta con playa la cual se extiende a lo largo de todo el municipio o barra de laderas tendidas, inundables y salinas con lomerío, con una altura aproximada de 5 metros sobre el nivel del mar en todo su territorio. De manera general se identifica que las costas de Yucatán se encuentran en buen estado, con espesores amplios, con bajo grado de antropización y una excelente cobertura vegetal en la duna costera factores primordiales que ayudan a mantener la dinámica y evolución de la franja costera.

Por otra parte, es importante mencionar que el proyecto traerá beneficios a la población, con empleos tanto temporales como permanentes generando un crecimiento económico local.

Dimensiones del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de una vivienda unifamiliar de segunda residencia. Para la construcción de obras se considera una superficie de afectación de 682.49 m^2 (68.25% de la superficie total). En cuanto a la superficie restante 317.5 m^2 (31.75%) será destinado para el área de conservación. Las obras del proyecto se desglosan a continuación las superficies generales del proyecto:

Tabla I.2. Superficies generales del proyecto.

OBRAS	SUPERFICIE	
	m^2	%
Casa	254.64	25.46
Estacionamiento	22.43	2.24
Piscina	69.10	6.91
Terraza-Bar	37.27	3.73
Deck de madera	143.24	14.32
Andadores	135.65	13.57
Barda de bahareque	20.16	2.02
PROYECTO	682.49	68.25
ÁREA DE CONSERVACIÓN	317.5	31.75
PREDIO	**999.99**	**100**

NOTA: La vivienda será construida en dos niveles y roof top, esta estará equipada para cubrir con las necesidades básicas de la familia, como es: comedor/sala, recámaras, baños, etc. Las áreas como el estacionamiento y andadores no serán selladas, por lo que permanecerán el suelo de arena natural. De igual forma cabe señalar que la vivienda será piloteada. Por último, es importante mencionar que las superficies de la planta alta y roof top no

se toman en cuenta en la tabla anterior, ya que las obras serán construidas sobre la misma superficie de la planta baja.

De igual forma es importante mencionar que como se observa en la tabla anterior, el proyecto destinará un 31.75% de la superficie total del predio para el área de conservación. En dicha superficie no se realizará ninguna modificación y mantendrá el suelo y vegetación en su estado natural, por lo que seguirá prestando servicios de suma importancia como recarga de los acuíferos, hábitat para fauna silvestre, banco de germoplasma, control de micro clima, captura de carbono, generación de oxígeno, amortiguamiento del impacto ocasionado por fenómenos naturales, entre los más importantes.

A continuación, se presenta el plano general del proyecto (Ver figura II.2), donde se observa la distribución de la huella de ocupación del proyecto de la vivienda, la zona del bar, la piscina, así como las áreas de estacionamiento y andadores, este último tal y como se puede observar en dicha figura albergara el sistema de tratamiento de las aguas residuales. Por último, se puede observar el área de conservación. Esta cabe mencionar que únicamente será delimitada de bahareque, lo que impedirá que personas ajenas ingresen y dañen esta zona, pero que a la vez contribuye a que se mantenga un paisaje ideal de acuerdo al entorno, así como también al ser de madera natural y tener espacio suficiente, permitirá que la fauna de la región se adapte y que no impida que esta transite libremente.

Seguidamente se presenta el plano de la planta baja de la vivienda (figura II.3) y por último se presenta el plano de distribución de obras de planta alta (figura II.4).



Figura I.5. Plano arquitectónico general del polígono del proyecto.

En la planta baja de la vivienda se construirán una recámara, sala/comedor, cocina, baño, cuarto de lavado, así como también se contará con una escalera exterior la cual llevará a la planta alta. A un costado se contará con la piscina y una terraza bar. La demás área es considerada como andadores de arena donde también se podan colocar camastros. De igual forma es importante mencionar que se contara con un estacionamiento de arena.



Figura I.6. Plano arquitectónico con vista de planta alta de la vivienda.

En la planta alta se considera la construcción de tres recamaras, una terraza, un gimnasio, así como baños.

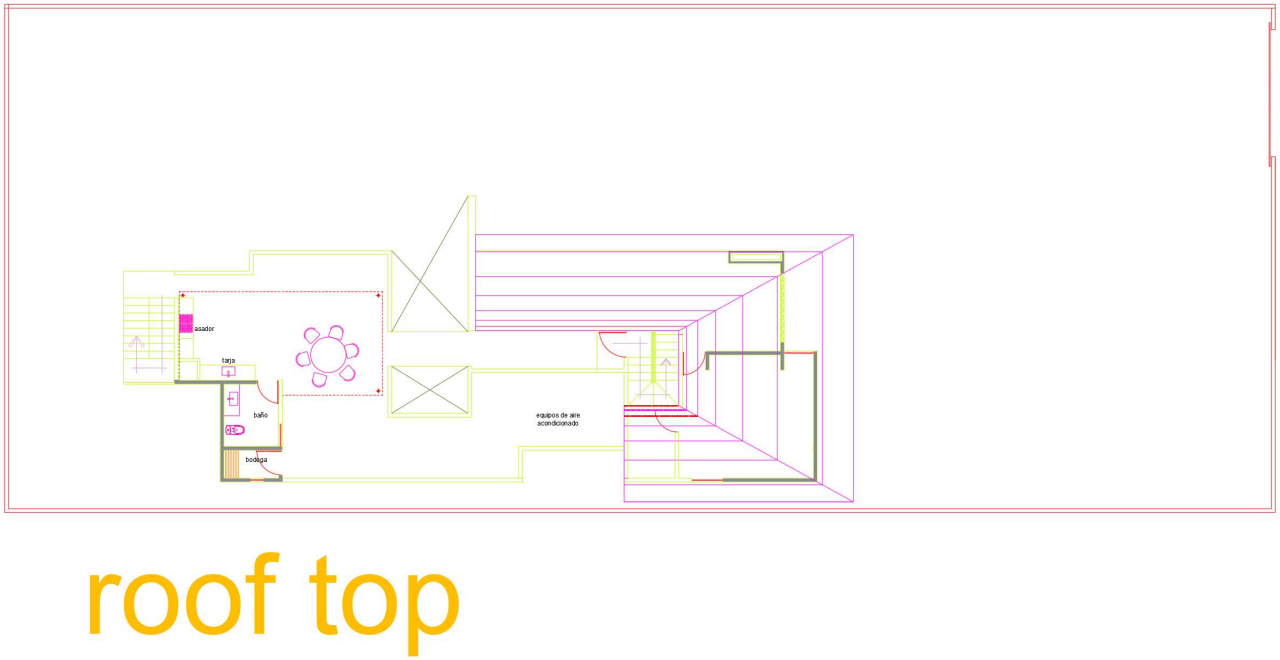


Figura I.7. Plano arquitectónico con vista de roof top de la vivienda.

Finalmente, en las azoteas o roof top se contará de igual forma con una zona para asar carnes, un baño, una bodega, asi como también esta será la zona donde se instalarán los aires acondicionados y los paneles solares.

I.4.3. INVERSIÓN REQUERIDA

Una vez obtenidos los permisos correspondientes para su desarrollo, este proyecto se pretende edificar en un trascurso de 48 meses, lo que conlleva a una inversión estimada de $2,500,000.00 (Dos millones quinientos mil pesos 00/100 M.N.). Dicha cantidad corresponde a los siguientes conceptos:

Tabla I.3. Inversión aproximada del proyecto.

ACTIVIDAD	MONTO
Monto de infraestructura	$2,300,000.00
Protección ambiental	$200,000.00
Monto total del proyecto	$ 2,500,000.00

Las actividades referidas al rubro de protección ambiental se refieren a las contempladas en el proyecto, tales como el rescate de vegetación, supervisión ambiental, control de desechos sólidos y peligrosos generados, así como otras medidas preventivas y mitigables descritas en el presente estudio.

I.4.4. URBANIZACIÓN DEL ÁREA Y DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS REQUERIDOS

URBANIZACIÓN DEL ÁREA

El polígono se ubica en la zona urbana de la localidad de Dzemul, esta es una zona que cuenta con todos los servicios y equipamiento público necesario. En los alrededores se observan zonas recreativas, comercios y se cuenta con servicios de transporte.



Figura I.8. Urbanización de la zona del proyecto.

Según información territorial y de conectividad vigente del municipio de Dzemul, Yucatán, la zona costera donde se ubica el proyecto cuenta con una movilidad y accesibilidad regional definida por una red carretera secundaria, vinculada principalmente con los municipios del norte de Yucatán, así como con la ciudad de Mérida, capital del estado. Esta región, caracterizada por su vocación turística y residencial, dispone de infraestructura vial suficiente para el acceso a viviendas de descanso, desarrollos turísticos, y comunidades pesqueras costeras.

El acceso principal a la zona del proyecto se da a través de la Carretera Costera del Golfo (Carretera Costera 27), la cual corre en dirección oeste-este paralela al litoral, conectando con importantes localidades del corredor turístico costero, como Chicxulub Puerto, Uaymitún, San Benito, San Bruno y Telchac Puerto. Esta vía permite una movilidad fluida entre desarrollos de playa y zonas urbanas de servicio, sirviendo como el eje principal de acceso para los residentes, turistas y prestadores de servicios.

Adicionalmente, la conexión hacia el sur se realiza mediante caminos secundarios que enlazan con la cabecera municipal de Dzemul, y de ahí con otras localidades importantes del interior del estado, tales como Motul, Baca y Conkal, desde donde es posible acceder a la ciudad de Mérida, ubicada aproximadamente a 55 km. Este trayecto puede completarse por rutas como la carretera Dzemul–Motul, que posteriormente conecta con el Anillo Periférico de Mérida y otras vías de acceso estratégico, incluyendo la salida hacia el Aeropuerto Internacional Manuel Crescencio Rejón.

Aunque el área del proyecto no cuenta actualmente con transporte público masivo estructurado, su infraestructura vial es apta para vehículos particulares, turísticos y de servicio, y su cercanía a destinos costeros de mayor afluencia le otorga un potencial de conectividad creciente. La carretera costera también permite la atención eficiente por parte de servicios de emergencia, reparto de mercancías y actividades comerciales de baja escala.

Esta configuración territorial convierte a la zona del proyecto en un punto estratégico dentro del litoral norte de Yucatán, con alto valor inmobiliario y turístico, cuyo desarrollo futuro dependerá en gran medida de la mejora y conservación de las vías existentes, así como de la regulación del crecimiento urbano en equilibrio con el entorno natural.



Figura I.9. Vías de acceso y calles de la zona de influencia del proyecto.

Durante los recorridos se pudo observar que en los alrededores se encuentra el sitio modificado por la urbanización. La flora y fauna identificadas corresponden a las presentes en zonas perturbadas. Sin embargo, para reforzar su cuidado, se considera el programa de acción para la protección de fauna silvestre, así como medidas de compensación como la plantación sobre las áreas verdes con especies nativas y endémicas de Yucatán.

De acuerdo con el sistema de clasificación del INEGI Serie VII, en su Carta de uso de suelo y vegetación, clasifica al sitio como **ASENTAMIENTOS HUMANOS**, debido a que el uso de suelo actual es considerado como ZONA URBANA. En cuanto al sistema ambiental del proyecto se observa la presencia de una vegetación secundaria de duna costera con cobertura principalmente herbácea que ha sido afectada por la alta influencia de la urbanización creciente en la zona y por los efectos de eventos climáticos naturales típicos de la región como las tormentas tropicales y huracanes.

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio de Yucatán (POETY), el área del proyecto se encuentra en las Unidades de Gestión Ambiental **UGA006-APROV-DZE**, siendo compatible con la acuacultura de agua dulce, acuacultura salobre, turismo de naturaleza, turismo de sol y playa, así como la infraestructura, forestal pesca, turismo convencional y **ASENTAMIENTOS HUMANOS**, como actividades condicionadas. Por lo que el proyecto no se contrapone con este ordenamiento, siendo una actividad condicionada con el uso de suelo destinado.

Por su parte de acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero de Yucatán (POETCY), el cual es el que regula las actividades y usos de suelo en la zona, el predio del proyecto se ubica en la Unidad de Gestión Ambiental denominada **DZE01-BAR_C3-R**, la cual menciona que los usos de suelo compatibles son el área para el cuidado y preservación de las condiciones naturales protegidas, aprovechamiento doméstico de flora y fauna, apicultura, unidades de manejo de vida silvestre y aprovechamiento cinegético,

agricultura de plantaciones perennes (henequén, coco, frutales), agricultura semiintensiva (horticultura, floricultura, pastos de ornato), turismo de muy bajo impacto (pasa día, palapas, senderos, pesca deportiva -en mar o ría- observación de aves, fotografía, acampado), turismo alternativo (hoteles, vivienda multifamiliar y servicios ambientalmente compatibles), **VIVIENDA UNIFAMILIAR**, turismo tradicional de mediano impacto (hoteles, vivienda multifamiliar, restaurantes, venta de artesanías y servicios conexos), así como desarrollos inmobiliarios de acuerdo con la ley de desarrollos inmobiliarios del estado de Yucatán. Por lo que de acuerdo con lo anterior el proyecto es completamente compatible con el uso de suelo de la zona.

VÍAS DE ACCESO Y COLINDANCIAS

Acceso por la carretera Mérida–Progreso:
La principal vía de comunicación hacia el polígono del proyecto puede realizarse a través de la carretera federal No. 261 Mérida–Progreso, una arteria de alta conectividad que comunica directamente la ciudad de Mérida con la zona costera del norte de Yucatán. Desde Mérida, se recorre esta vía en dirección norte hasta llegar al entronque con la carretera Costera del Golfo (Costera 27), a la altura del distribuidor vial de Progreso.

Posteriormente, se toma la carretera costera en dirección este, transitando aproximadamente 24 km, pasando por localidades como Chicxulub, Uaymitun, hasta llegar a la zona de proyecto que se ubica entre San Benito y San Bruno. A la altura del kilómetro correspondiente a esta localidad, se gira hacia la derecha por una vialidad de arena compactada, avanzando aproximadamente 200 metros hacia el norte, donde se localiza el polígono del proyecto.

Acceso por la carretera Conkal–Chicxulub Pueblo:
Otra vía alterna de acceso parte de la ciudad de Mérida hacia el noreste por la carretera Mérida–Conkal. Desde allí, se continúa hasta llegar a la localidad de Chicxulub Pueblo, y posteriormente se toma la carretera Chicxulub Pueblo–Dzemul, recorriendo aproximadamente 18 km en total.

Al llegar al municipio de Dzemul, se continúa en dirección noreste por la carretera estatal Dzemul–San Benito, un camino pavimentado de carácter secundario que conecta el interior del municipio con la franja costera. Luego de recorrer aproximadamente 9.5 km, se llega a la carretera Costera del Golfo, donde se gira hacia el este y se avanza 8 km hasta alcanzar una vialidad local de arena compactada. Finalmente, se gira hacia el norte, recorriendo 200 metros adicionales hasta arribar al polígono del proyecto, ubicado frente a la línea costera del Golfo de México.

Acceso por la carretera Mérida– Motul:
La última vía de comunicación hacia el polígono del proyecto es mediante la carretera federal Mérida–Motul, desde donde se toma la desviación hacia el norte con dirección al municipio de Dzemul, Yucatán. Al llegar a Dzemul, se continúa en dirección noreste aproximadamente 9.5 km por la carretera estatal Dzemul–San Benito, transitando por un camino secundario pavimentado hasta llegar a la Carretera Costera del Golfo (Costera 27).

Una vez en la carretera costera, se continúa hacia el este por aproximadamente 15 km, hasta llegar al predio del proyecto, ubicado entre las zonas conocidas como San Benito y San Bruno, donde se localiza el polígono del proyecto, en una franja de terreno con acceso directo a la playa y con vistas al litoral del Golfo de México.



Figura I.10. Vialidad de acceso al polígono del proyecto.

A continuación, se mencionan las colindancias inmediatas del predio:

- Norte: Con terreno rustico propiedad privada.
- Sur: Con terreno rustico propiedad privada.
- Este: Con terreno rustico propiedad privada.
- Oeste: Con vialidad de arena y una vivienda de propiedad privada.



Figura I.11. Colindancias del polígono del proyecto.

DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS REQUERIDOS

AGUA POTABLE

La zona del proyecto forma parte del municipio de Dzemul, se encuentra dentro de una región donde el abastecimiento de agua potable depende principalmente de pozos profundos municipales. Aunque la cobertura municipal alcanza cerca del 98% de las viviendas, en zonas costeras como San Bruno el suministro directo hasta la vivienda no siempre está garantizado. En consecuencia, es común que las propiedades cuenten con pozos individuales, cisternas o sistemas de almacenamiento complementarios, o bien se abastezcan por medio de pipas de agua. Para el desarrollo del proyecto, será necesaria la instalación de infraestructura hidráulica local y de un sistema de almacenamiento que permita garantizar el suministro de agua durante sus diferentes etapas. En este sentido, el predio será abastecido mediante el suministro de agua potable a través de pipas, cuyo recurso será almacenado en tinacos para su posterior distribución y utilización en las instalaciones del proyecto.

ELECTRICIDAD

La cobertura eléctrica en el municipio de Dzemul es alta, con más del 98% de cobertura en viviendas, gracias a la presencia de subestaciones regionales y a la interconexión con el Sistema Eléctrico Nacional. En el área del proyecto, existen tendidos eléctricos aéreos de media tensión que alimentan las viviendas y desarrollos existentes. Para el proyecto, ya se cuenta con el suministro eléctrico mediante conexión a la red pública. Sin embargo, se consideran soluciones alternativas de generación eléctrica, por lo que en caso de contar con los recursos necesarios se instalaran paneles solares, especialmente viables en esta región por sus altos niveles de irradiación.

DRENAJE Y SANEAMIENTO

En las zonas urbanas del municipio, la cobertura de drenaje es del 97.9%; sin embargo, sólo un pequeño porcentaje de las viviendas se encuentra conectado a redes públicas de alcantarillado sanitario, mientras que la mayoría utiliza sistemas individuales para el manejo y tratamiento de sus aguas residuales, como fosas sépticas y otros dispositivos de saneamiento. En la zona donde se desarrollará el proyecto no se cuenta con una red de drenaje sanitario formal, por lo que se contempla la instalación de sistemas individuales de tratamiento de aguas residuales DLD14 (SITAR), diseñados para el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante procesos biológicos anaerobios y sedimentación de alta tasa. Su funcionamiento favorece la degradación de la materia orgánica y la retención de sólidos suspendidos, contribuyendo a reducir la carga contaminante del agua residual antes de su disposición final. La instalación y operación de estos sistemas se realizará conforme a las especificaciones técnicas del fabricante, considerando las características del suelo, la permeabilidad del terreno y la profundidad del nivel freático, con el propósito de garantizar un manejo adecuado de las aguas residuales y prevenir posibles afectaciones al suelo, al acuífero y al entorno ambiental.

ALCANTARILLADO PLUVIAL

No existen sistemas de alcantarillado pluvial formalmente establecidos en la franja costera. Debido a su ubicación en una zona baja y arenosa, se presentan encharcamientos temporales por acumulación de agua pluvial o por ascenso del nivel freático en épocas de lluvias intensas. Por ello, el proyecto implementara como estrategias de manejo pluvial, pendientes naturales, así como también se mantendrán superficies permeables como el estacionamiento, los andadores, las áreas verdes y el área de conservación, que permitan una rápida infiltración del agua sin alterar la dinámica del terreno.

TELECOMUNICACIONES

Telefonía:

El servicio de telefonía móvil cubre la mayor parte del litoral y zonas urbanizadas del municipio. En el área del proyecto, la cobertura móvil es buena, aunque puede presentar variaciones dependiendo del operador. La telefonía fija no es común, y su disponibilidad depende de la infraestructura existente más cercana.

Internet:

El acceso a internet en esta región ha crecido significativamente en los últimos años. En el área del proyecto, algunas viviendas y desarrollos cuentan con servicio de internet inalámbrico fijo (WiFi) o mediante redes 4G, aunque la velocidad puede variar según la ubicación y la infraestructura del proveedor. Para el proyecto, se recomienda prever la instalación de infraestructura de telecomunicaciones, ya sea por conexión a red existente o mediante sistemas satelitales o enlaces inalámbricos privados.

I.5. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

Esta es una obra nueva que contempla la construcción de infraestructura inmobiliaria destinada al uso habitacional, cuya ejecución contribuirá a la actividad económica local mediante la contratación de mano de obra y la adquisición de materiales, insumos y servicios relacionados con la industria de la construcción. Durante las diferentes etapas del proyecto se generarán fuentes temporales de empleo e ingresos, beneficiando principalmente a los habitantes de la zona y a los sectores productivos vinculados con esta actividad.

El proyecto consiste en la construcción de una casa habitación unifamiliar, que contará con espacios destinados a satisfacer las necesidades de descanso, convivencia y recreación de sus ocupantes. Asimismo, se contempla la habilitación de áreas complementarias, entre las que se encuentran un estacionamiento, piscina, terraza-bar, deck de madera, andadores y una barda de bahareque, integrando los diferentes elementos arquitectónicos y funcionales dentro del predio.

Una característica particular del proyecto será que la edificación de la vivienda se realizará mediante un sistema de cimentación profunda a base de pilotes, con lo cual la estructura quedará elevada aproximadamente 50 cm por encima del nivel del suelo natural. Este sistema permitirá transmitir las cargas de la construcción hacia los estratos del subsuelo con capacidad de soporte, mediante elementos estructurales hincados o construidos en el terreno, de acuerdo con las especificaciones del proyecto ejecutivo y las condiciones geotécnicas del sitio. Sobre los pilotes se dispondrán los elementos de cimentación y soporte necesarios para conformar la estructura de desplante de la vivienda.

La elevación de la edificación respecto al terreno natural permitirá mantener un espacio libre inferior entre el nivel del suelo y la estructura de la vivienda, evitando la necesidad de elevar toda la superficie del predio mediante rellenos generalizados. Esta configuración resulta particularmente pertinente para las condiciones del entorno costero, ya que permitirá conservar, en la medida de lo técnicamente viable, la configuración superficial del terreno natural y favorecer la continuidad de los escurrimientos superficiales, sin generar una plataforma continua de material de relleno que modifique de manera generalizada las condiciones originales del predio. De esta manera, la vivienda se desarrollará sobre una estructura elevada, procurando reducir las modificaciones directas sobre la superficie del terreno.

En cuanto a la distribución de las obras, el proyecto contempla una superficie total de ocupación de 682.49 m², equivalente al 68.25% del predio, mientras que se destinará una superficie de 317.50 m², correspondiente al 31.75%, como área de conservación, en la cual se mantendrán las condiciones naturales existentes, de acuerdo con la distribución establecida en el proyecto. La distribución de las superficies se presenta en la siguiente tabla.

Respecto a las obras exteriores, el estacionamiento, los andadores y las áreas de convivencia se distribuirán de manera que permitan la comunicación y accesibilidad entre los distintos espacios del proyecto. La piscina constituirá un elemento recreativo complementario, mientras que la terraza-bar y el deck de madera funcionarán como espacios de estancia y convivencia al aire libre. Por su parte, la barda de bahareque se integrará como un elemento delimitador de carácter arquitectónico, procurando mantener una apariencia compatible con el entorno costero.

En relación con la cimentación de la vivienda, el sistema piloteado requerirá trabajos de preparación y trazo, perforación o hincado de los elementos de cimentación, colocación del acero de refuerzo, colado de concreto y ejecución de los elementos de conexión estructural correspondientes, conforme a las características del diseño estructural. Una vez conformada la cimentación, se procederá con la construcción de la estructura elevada, los elementos verticales y horizontales de soporte, muros, losas e instalaciones, hasta completar la edificación. La altura libre aproximada de 50 cm entre el nivel del suelo natural y la parte inferior de la estructura permitirá mantener la separación física entre la vivienda y el terreno, sin que ello implique necesariamente la modificación de la totalidad de la superficie natural del predio.

Finalmente, el proyecto contará con los servicios e instalaciones necesarios para su funcionamiento, incluyendo el suministro de energía eléctrica, abastecimiento de agua y manejo de residuos sólidos urbanos mediante los servicios de recolección correspondientes. Asimismo, se incorporará un sistema de tratamiento de aguas residuales dimensionado conforme a la generación prevista durante la etapa de operación, a fin de proporcionar un tratamiento adecuado a las aguas residuales domésticas y evitar su descarga directa al suelo o al subsuelo sin tratamiento previo.

I.5.1. PROGRAMA DE TRABAJO

El presente proyecto se pretende desarrollar en un periodo máximo de **48 meses (cuatro años)**, los cuales estarán divididos en tres diferentes etapas: preparación del sitio, construcción y operación. La preparación del sitio y construcción se realizarán en los tres primeros semestres y consta primeramente de la delimitación del terreno y el rescate y reubicación de especies de importancia en caso de encontrarse, para posteriormente realizar la limpieza del sitio, excavación y relleno, trazo y nivelación, así como la cimentación de planta baja y alta. Para el último semestre se pretende concluir con la instalación de luz eléctrica y sanitaria, acabados y limpieza general de obra.

En cuanto a la vida útil del proyecto se considera indefinido, puesto que se pretende que la infraestructura sea utilizada a través de los años. De hecho, con un mantenimiento periódico y una inversión menor del promovente, se espera que dicha infraestructura permanezca por un largo periodo de tiempo, preservándolo como integrantes permanentes del paisaje local.

A continuación, se presenta el diagrama de Gantt con la calendarización de todo el proyecto, desglosado por etapas:

Tabla I.4. Programa general de trabajo.

Duración del proyecto	PERIODO	AÑO 1				AÑO 2				AÑO 3				AÑO 4			
	TRIMESTRES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ETAPAS	ACTIVIDADES																
PREPARACIÓN DEL SITIO	Delimitación del área																
	Capacitación al personal																
	Rescate y reubicación de especies																
	Limpieza del sitio																
CONSTRUCCIÓN	Excavación y relleno																
	Trazo y nivelación																
	Cimentación y edificación																
	Instalación hidráulica y sanitaria																
	Instalaciones eléctricas																
	Obras de señalización y jardinería																

Duración del proyecto	PERIODO	AÑO 1				AÑO 2				AÑO 3				AÑO 4			
	TRIMESTRES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Acabados																
	Limpieza general de obra																
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	AL FINALIZAR LA OBRA																

*No se pretende realizar el desmantelamiento ni abandono del mismo,

Las actividades darán inicio una vez que se cuente con las autorizaciones correspondientes (para este caso, autorización en materia de impacto ambiental). Dichos trabajos serán progresivos conforme al avance de las actividades, facilitando de tal manera la consecución de recursos que permitan concluir sus etapas en el tiempo establecido.

I.5.2. PREPARACIÓN DEL SITIO

Las actividades de la primera etapa se concentran en la modificación del entorno natural del predio, con el objeto de lograr el acondicionamiento del terreno y obtener las características que requiere el proyecto para su instalación.

A continuación, se describen las actividades que se realizan en cada una de ellas:

Las primeras actividades que se realizarán en el predio corresponde a la ubicación y delimitación de las zonas de conservación para que no sean dañadas durante las actividades constructivas, una vez identificadas y delimitadas, el supervisor ambiental realizará un recorrido en toda la superficie de afectación por el desmonte para llevar a cabo un rescate selectivo de flora nativa, cuyas estrategias, métodos y técnicas de rescate deberán determinarse y precisarse en un Programa de acción para la protección de flora silvestre (Anexo 6).

Limpieza del terreno

Una vez realizado el rescate tanto de flora como de fauna, se proseguirá a eliminar la vegetación en los lugares destinados al desplante arquitectónico. Esta eliminación se realizará de manera manual y el resultante será trozado y esparcido en los espacios del predio destinados a conservación, con objeto de que se reincorporen al medio por descomposición natural.

I.5.3. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

La descripción que se presenta a continuación de las obras civiles a realizar en este proyecto, es la que se usa en general en el proceso de construcción de casas habitación:

Trazo

Delimitación física de la superficie (referencias fijas) que será ocupada por la infraestructura permanente, obras asociadas y provisionales, según el diseño del proyecto mencionado.

Excavación, relleno, nivelación y compactación

Se realizará una excavación en la arena para la colocación de los cimientos y zapatas necesarios para la construcción. Todo el resultado de la excavación será utilizado para la nivelación del terreno en el área destinada a la cimentación.

La nivelación se realizará en primera instancia con el trazo topográfico para calcular los niveles que serán dispuestos en el sitio, procediendo a la colocación del material de relleno que sea necesario para nivelar el terreno en las zonas que así lo requieran. Para concluir con la nivelación, será necesaria la compactación en algunas áreas del sitio de construcción, lo cual se ejecutará humedeciendo el terreno y adicionando el material sobrante de la excavación para la compactación, utilizando maquinaria especializada para compactar este material, formando un terraplén que incluye base y sub-base de gravacontrolada al 85% y 100% respectivamente.

Cimentación y edificación

Debido a que el proyecto se desarrollará en una zona costera, caracterizada por la presencia predominante de materiales arenosos en los estratos superficiales del terreno, se contempla la adecuación de la superficie de desplante mediante la conformación de una plataforma elevada aproximadamente 50 cm respecto al nivel natural del terreno. Esta adecuación tendrá como finalidad establecer una superficie de construcción con una elevación uniforme, proporcionar condiciones apropiadas para el desarrollo de las actividades constructivas y mantener la edificación a una cota superior respecto al terreno circundante, contribuyendo a reducir su exposición ante la acumulación temporal de agua pluvial y escurrimientos superficiales.

Para la conformación de dicha plataforma se realizará inicialmente el levantamiento topográfico, trazo y nivelación del área destinada a la construcción, identificando las cotas existentes y los niveles de proyecto. Posteriormente, se llevará a cabo la preparación de la superficie de apoyo, retirando únicamente los materiales superficiales que pudieran presentar condiciones inadecuadas para recibir el relleno, tales como residuos, materia orgánica o material suelto no apto. Estas actividades se limitarán estrictamente a la superficie autorizada para el desplante de la edificación, procurando conservar las condiciones naturales del terreno en las áreas que no serán intervenidas.

Una vez preparada la superficie, se procederá al suministro y colocación de material de relleno seleccionado, preferentemente material granular de características arenosas o pétreas, libre de materia orgánica, residuos y elementos contaminantes, cuyas propiedades físicas y mecánicas sean compatibles con las condiciones geotécnicas del sitio. El material será extendido de manera uniforme mediante equipo ligero o maquinaria adecuada a las dimensiones y condiciones de acceso del predio, formando capas sucesivas de espesor controlado. Cada capa será nivelada y sometida a compactación mecánica hasta alcanzar el grado de compactación establecido en las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos, procurando obtener una plataforma estable, homogénea y con capacidad adecuada para soportar las cargas correspondientes a los firmes, pisos y demás elementos constructivos apoyados sobre ella.

Durante esta actividad se verificará que la elevación final de la plataforma corresponda aproximadamente a 50 cm por encima del nivel natural del terreno, manteniendo las pendientes superficiales necesarias para favorecer el escurrimiento pluvial hacia las áreas de desalojo previstas en el proyecto, sin generar concentraciones de flujo, erosión o afectaciones a los predios colindantes ni a las áreas naturales adyacentes. Asimismo, se evitará la

modificación innecesaria de la configuración topográfica del terreno y se procurará que el material de relleno permanezca confinado dentro de la superficie de intervención.

Concluida la conformación de la plataforma, se procederá a la ejecución de la cimentación profunda mediante pilotes de concreto reforzado, los cuales constituirán el sistema principal de transmisión de cargas de la edificación hacia los estratos del subsuelo con capacidad resistente suficiente. Es importante señalar que la plataforma de relleno tendrá una función de adecuación de niveles y preparación de la superficie de desplante, mientras que los pilotes serán los elementos estructurales encargados de transmitir las cargas de la vivienda hacia el subsuelo, sin depender exclusivamente de la capacidad portante del material de relleno o de los estratos arenosos superficiales.

La cimentación profunda estará conformada por pilotes de concreto reforzado, cuya cantidad, diámetro, longitud, separación y profundidad de desplante serán determinados mediante el estudio de mecánica de suelos y el correspondiente cálculo estructural. Estos elementos podrán trabajar mediante resistencia por fricción lateral y/o resistencia de punta, dependiendo de las características estratigráficas del subsuelo y de las condiciones de apoyo identificadas. Su distribución responderá a la ubicación de columnas, muros y demás elementos estructurales, permitiendo transmitir de manera segura las cargas permanentes, accidentales y variables de la edificación.

El procedimiento constructivo de los pilotes iniciará con el trazo y ubicación de cada punto de perforación conforme a los planos estructurales. Posteriormente, mediante equipo mecánico especializado, se realizarán perforaciones verticales hasta alcanzar las dimensiones y profundidades establecidas en el diseño geotécnico. Debido a la naturaleza arenosa del terreno y a la posible presencia de agua subterránea a poca profundidad, durante las perforaciones se deberán adoptar las medidas necesarias para garantizar la estabilidad de las paredes y evitar derrumbes o colapsos del material. Cuando las condiciones del subsuelo lo requieran, podrán utilizarse ademes temporales o sistemas de estabilización de perforaciones.

Una vez alcanzada la profundidad de diseño, se verificará la geometría y limpieza del fondo de cada perforación, retirando los materiales sueltos que pudieran comprometer la calidad del elemento. Posteriormente, se introducirán las jaulas de acero de refuerzo, previamente habilitadas conforme a las especificaciones estructurales, utilizando separadores para garantizar el recubrimiento requerido. El colado se efectuará con concreto premezclado de la resistencia especificada en el proyecto estructural. En caso de presentarse agua subterránea dentro de las perforaciones, se empleará un procedimiento de colocación apropiado, como el uso de tubería tremie, para evitar la segregación de los agregados, el lavado del cemento o la contaminación de la mezcla.

Después del colado y una vez que los pilotes hayan alcanzado las condiciones de resistencia requeridas, se realizarán los trabajos de preparación de sus cabezas y conexión con los elementos superiores de cimentación. Para ello, se construirán dados, cabezales y trabes de liga de concreto reforzado, según la configuración establecida en los planos estructurales. Estos elementos permitirán integrar los pilotes en un sistema de cimentación conjunto, distribuyendo las cargas provenientes de la superestructura y proporcionando estabilidad y rigidez al conjunto.

Finalmente, se ejecutarán los elementos de desplante y los firmes de concreto correspondientes, considerando la plataforma previamente conformada y los niveles establecidos en el proyecto arquitectónico. Se continuará con la construcción de los muros, castillos, cadenas, losas y demás componentes de la vivienda, de acuerdo con las especificaciones estructurales y constructivas.

Durante los trabajos de preparación del terreno y cimentación se mantendrá un control sobre el manejo del material producto de las perforaciones, los residuos de concreto y los materiales sobrantes de construcción. El material extraído será retirado y manejado de manera adecuada, evitando su dispersión sobre las áreas naturales, la vegetación circundante o terrenos colindantes. Asimismo, se evitará el vertimiento de lechadas de cemento, aguas de lavado de equipos y residuos de concreto directamente sobre el suelo natural, a fin de prevenir alteraciones en sus características físicas y posibles afectaciones al subsuelo y al acuífero costero.

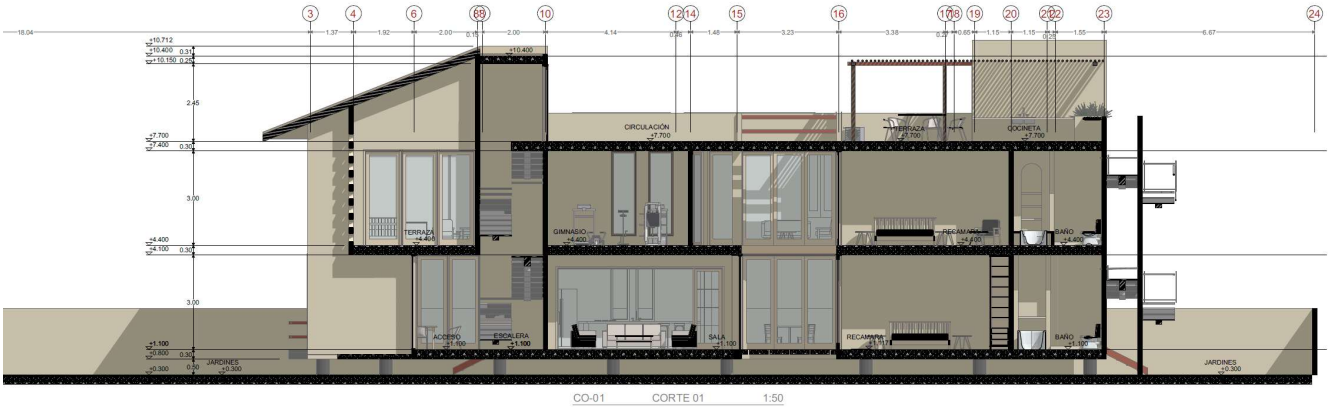


Figura I.12. Plano de construcción del proyecto.

Instalación eléctrica

Toda la instalación eléctrica del proyecto se hará oculta por pisos, muros y plafones, instalada con el poliducto naranja cable de cobre tipo thw, así como con cajas y registros de plástico, placas, contactos y apagadores. La alimentación para el sistema eléctrico se solicitará a la Comisión Federal de Electricidad un voltaje de 220 voltios que será a base de una acomedida eléctrica bifásica la cual se transmitirá con tubería Conduit pesada hacia los tableros de la casa.

Instalación hidráulica

Todas las instalaciones hidrosanitarias serán ocultas. Incluirá la instalación en toda la residencia de la red de distribución desde la toma principal de aprovechamiento a todos los accesorios que utilicen agua. Estas se realizarán con PVC de alta densidad o HDPE.

Acabados

Los acabados de paredes se realizarán de manera manual y según las especificaciones de textura que el diseño arquitectónico indique, de tal manera que las paredes tanto internas como externas de la casa, estén listas para su acabado final. De igual manera se realizará la instalación de puertas, tanto internas como de exterior, mismas que serán reforzadas por protectores.

A continuación, se presenta el listado de los materiales requeridos para la etapa de construcción y su aproximado a utilizar:

Tabla I.5. Materiales aproximados a utilizar en la construcción del proyecto.

Descripción	Unidad	Cantidad
Cemento gris maya	Sco	2002
Cemento blanco 50 kgs.	Sco	34
Cal hidratada (saco de 25 kg)	Sco	1934
Agua.	M^3	106
Andamio normal de 2.00 mts	Dia	28
Polvo de piedra en bolsa de rafia	M^3	300
Grava 3/4".	M^3	200
Piedra de hilada (50 pzas x m3) aprox.	M^3	40
Varilla 3/8"	Ml	294
Varilla 1/2"	Pza	4
Varilla 3/4"	Ton	0.1442
Armex 15x15-4	Ml	553
Malla electrosoldada 6x6/10-10.	M^2	1438
Clavo de 1" normal	Kg	112
Clavo de 1 1/2" normal	Kg	10
Clavo de 2 1/2" normal	Kg	586
Alambron 1/4"	Kg	1082
Alambre recocido	Kg	316
Filo de segueta	Pza	162
Diesel	Lt	639
Block de 15 x 20 x 40 cm	Pza	13138
Bovedilla 15 x 25 x 56 cm	Pza	4367
Vigueta 12-5	Ml	1134
Alambre galvanizado no. 14.	Kg	26
Tablas de madera	M^2	56

Sistema de tratamiento de aguas residuales

Para el tratamiento de las aguas residuales generadas durante la etapa de operación del proyecto, se utilizará un Sistema Individual de Tratamiento de Aguas Residuales DLD14 (SITAR), diseñado para el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico mediante procesos biológicos anaerobios y sedimentación de alta tasa. El sistema favorece la degradación de la materia orgánica y la separación y retención de sólidos suspendidos, contribuyendo a disminuir la carga contaminante del agua residual antes de su disposición final. Su funcionamiento se basa en procesos biológicos que no requieren suministro de energía eléctrica para el tratamiento interno, ni la incorporación rutinaria de reactivos químicos, de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

El sistema DLD14 está integrado por módulos de tratamiento fabricados en polietileno de alta densidad, en cuyo interior se desarrollan los procesos de tratamiento biológico y sedimentación. Su operación permite reducir los contaminantes presentes en las aguas residuales domésticas, por lo que constituye una alternativa para el saneamiento individual en sitios que no cuentan con infraestructura de alcantarillado sanitario. La instalación deberá considerar las características físicas del terreno, las condiciones de permeabilidad del suelo y la profundidad

del nivel freático, así como las especificaciones técnicas establecidas por el fabricante para la disposición final del efluente, con el propósito de prevenir la contaminación del subsuelo y del acuífero.

Para el proyecto Construcción de Casa de Playa CHAVEZ se contempla la instalación de un sistema DLD14, cuya configuración de referencia para el modelo de polietileno está integrada por dos módulos con un volumen total de 1,300 litros, distribuidos en un primer módulo de 720 litros y un segundo módulo de 580 litros. De acuerdo con el manual del fabricante, este modelo está indicado para atender hasta cinco usuarios. La instalación sanitaria será subterránea y se realizará mediante tuberías y accesorios de PVC sanitario de 4 pulgadas de diámetro, considerando las conexiones de entrada, salida y ventilación correspondientes. El efluente tratado será conducido hacia el sistema de disposición final que resulte técnicamente viable, de conformidad con las condiciones del sitio y las disposiciones ambientales aplicables.

Nota técnica importante: La capacidad, dimensiones y número de usuarios indicados corresponden al modelo de polietileno descrito en el manual consultado. Antes de integrar este apartado como definitivo en la MIA, conviene verificar que sea exactamente el modelo que se instalará en Casa de Playa CHAVEZ. Asimismo, no se debe afirmar que cumple con las NOM-001, NOM-002 o NOM-003-SEMARNAT sin contar con los resultados de caracterización que acrediten el cumplimiento correspondiente.

Descripción de obras y actividades provisionales

Durante la etapa de preparación del sitio, así como la construcción, se emplearán materiales que necesitarán ser resguardados en el sitio, así como servicios para los trabajadores. A continuación, se describen las obras y actividades provisionales:

Bodega. Se construirá una bodega con material fácilmente removible (madera y láminas de cartón), en la cual se almacenarán herramientas y materiales que serán utilizados durante las primeras dos etapas del proyecto. Se destinará un extremo de la bodega, con un volado de lámina de cartón, para la disposición temporal de los residuos. En este sitio se contará con los contenedores debidamente rotulados según la naturaleza de los residuos a almacenar.

Instalaciones sanitarias provisionales. Durante las primeras etapas del proyecto, preparación del sitio y construcción, se instalarán letrinas portátiles provisionales de acuerdo al número de empleados que se distribuyan en el área. La empresa proveedora del servicio será la responsable de darle el mantenimiento necesario y verter a un sitio adecuado las aguas generadas.

I.5.4. ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Una vez que la casa haya sido habitada, las actividades de mantenimiento de la misma son responsabilidad del propietario de ésta, por lo que no se presenta un programa específico para el mantenimiento y estas instalaciones ya que se asume será suministrado cada vez que el propietario considere que lo requiera la estructura. Las principales actividades para la operación y mantenimiento propuestas por el propietario, se detallan a continuación:

Hospedaje y alimentación. Durante la temporada vacacional y durante todo el año, es posible que se efectúe la estancia de la promovente y su familia en esta zona costera, ya que el fin de este proyecto es que sea una casa

habitación que sirva como sitio de descanso. Se contemplan igual actividades cotidianas, tales como preparación de alimentos, uso de sanitarios, uso de servicios de aseo, zona de recreo, comunes en toda casa habitación.

Limpieza. Periódicamente se realizará el servicio de limpieza de la casa y la limpieza de todas las áreas que conforman el proyecto.

Mantenimiento de las instalaciones. Se efectuarán mantenimientos periódicos del lugar, así como a todas las áreas de servicios en lo relativo a los servicios sanitarios y suministro de energía.

I.5.5. DESCRIPCIÓN DE OBRAS ASOCIADAS AL PROYECTO

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

I.5.6. ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO

No se presenta un programa de abandono del sitio debido a que, por su naturaleza, la vida útil del proyecto es indefinida. De hecho, los edificios e infraestructura con los cuales contará el proyecto, llevarán un mantenimiento adecuado y una inversión menor con los cuales el usuario podrá mantener por tiempo indefinido cada uno de estos.

I.5.7. GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y EMISIONES A LA ATMÓSFERA

Los residuos podrán almacenarse temporalmente en los sitios designados para ello. El área de almacenamiento deberá estar cubierta para evitar el contacto directo con el agua de escorrentía superficial. Si se utilizan recipientes para el almacenamiento temporal, estos deberán poder cerrarse herméticamente para evitar el derrame, penetración de agua y proliferación de plagas.

En cuanto a la generación de **residuos sólidos no peligrosos** se tienen los siguientes datos:

Tabla I.6. Residuos sólidos no peligrosos y peligrosos generados durante las diferentes etapas del proyecto.

ETAPA	TIPO DE RESIDUO	MANEJO Y FORMA DE ALMACENAMIENTO	MÉTODOS DE DISPOSICIÓN FINAL
PREPARACIÓN DE SITIO	Material de limpieza del sitio, el cual estará conformado por hierbas, pasto, material edáfico.	Se utilizará parte del residuo para compensar aquellas áreas que así lo requieran para rellenar.	• Conformación de áreas (Áreas de conservación y áreas verdes). • Disposición en sitio autorizado.
	Residuos sólidos urbanos, correspondientes a los desechos de comida y envolturas de alimentos o envases de plástico de las bebidas que ingieran los trabajadores.	Se colocarán en tambos que estarán correctamente identificados.	• Serán recolectados y llevados al sitio de disposición final por una empresa contratada para este fin.

ETAPA	TIPO DE RESIDUO	MANEJO Y FORMA DE ALMACENAMIENTO	MÉTODOS DE DISPOSICIÓN FINAL
CONSTRUCCIÓN	Residuos sólidos de manejo especial en pocas cantidades, como bolsas de papel, madera, alambre, varillas, etc.	Se colocarán en tambos que estarán debidamente identificados.	• Enviadas a empresas recicladoras dependiendo de los volúmenes generados. • El promovente podrá retirarlo y utilizarlo para otras obras. • Sitio de disposición final.
	Residuos sólidos urbanos, correspondientes a los desechos de comida y envolturas de alimentos o envases de debidas generadas por trabajadores.	Se colocarán en tambos que estarán debidamente identificados.	• Serán recolectados y llevados al sitio de disposición final por una empresa contratada para este fin.
OPERACIÓN	Los residuos sólidos urbanos generados durante la operación del complejo, son de carácter y de origen doméstico (restos de comida, papel, envases) derivada del consumo de productos alimenticios, limpieza e higiene; así como por el desarrollo de las actividades administrativas, cocina, comedor y de los sanitarios.	Se colocarán en contenedores de diferente capacidad en las instalaciones y se llevará a cabo la separación de los residuos orgánicos, inorgánicos y reciclables.	• Serán recolectados y llevados al sitio de disposición final por una empresa contratada para este fin.
	Residuos de manejo especial como: desperdicio de cartón, embalajes, maderas, etc.	Se colocarán en contenedores específicos para estos residuos.	• Para residuos como es el caso del cartón puede ser recolectados por empresas recicladoras o bien se pueden ser llevados al sitio d disposición final, dependiendo de los volúmenes generados.
	Residuos peligrosos que puedan generarse por los materiales, muestras, empaques impregnados, envases de aceite, trapos impregnados etc.	Se depositarán en tambos metálicos debidamente rotulados. Asimismo, se contará con un almacén de residuos peligrosos para almacenar dichos tambos hasta su recolección.	• Se entregarán mediante un manifestó de entrega y recepción de residuos peligrosos a una empresa autorizada por la SEMARNAT, para la recolección y tratamiento de dichos residuos.

Como se ha mencionado durante la etapa de preparación de sitio y construcción, no se pretende generar residuos peligrosos. Sin embargo, en el caso de producirse este tipo de residuos por parte de la empresa promovente, se procederá conforme al Procedimiento de manejo de residuos peligrosos (Ver Anexo 5 de este documento).

Residuos líquidos:

Tabla I.7. Generación de aguas residuales.

ETAPA	FUENTE EMISORA	CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS QUE SE GENERAN	CUERPO RECEPTOR FINAL
PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN	Proveniente de los servicios sanitarios (letrinas) del personal que se empleará en la obra.	Sólidos sedimentables	• Limpieza de los baños portátiles mediante una empresa autorizada que presta el servicio.
OPERACIÓN	Generación de aguas residuales provenientes de las oficinas administrativas, cocina, comedor y sanitarios del edificio.	Agua residual con alta de materia orgánica.	• Primeramente, se enviará a un biodigestor que se establecerán en el predio. En cuanto a las aguas tratadas por el biodigestor, debido a las condiciones del terreno se propone para la descarga del efluente de zanjas de infiltración.

Emisiones a la atmósfera

Las emisiones a la atmósfera que se generarán durante la realización del proyecto se tienen las siguientes:

Tabla I.8. Generación de emisiones a la atmósfera.

ETAPA	TIPO DE EMISIÓN	FUENTE DE GENERACIÓN	NÚMERO DE HORAS DE EMISIÓN POR DÍA Y SU PERIODICIDAD.
PREPARACIÓN DE SITIOS Y CONSTRUCCIÓN	Sólidos suspendidos (polvo)	Producto de las actividades de limpieza y despalme del sitio; así como por el tránsito de vehículos y maquinaria y por el acarreo de materiales granulares en camiones de volteo.	6 hrs/ día de manera periódica
	Gases de combustión	Generados por la combustión de gasolina y diésel utilizados por la maquinaria y equipo: así como también provenientes de los escapes de los vehículos del contratista,	8 hrs/día de manera continua

ETAPA	TIPO DE EMISIÓN	FUENTE DE GENERACIÓN	NÚMERO DE HORAS DE EMISIÓN POR DÍA Y SU PERIODICIDAD.
		etc.	
	Ruido	Producido tanto por la maquinaria y el equipo de construcción, así como por los camiones transportadores de material	6 hrs/ día de manera periódica

Generación de energía para el desarrollo

Energía eléctrica

La alimentación para el sistema eléctrico provisto por la Comisión Federal de Electricidad es de un voltaje de 220 voltios que será a base de una acomedida eléctrica bifásica la cual se transmitirá con tubería Conduit pesada hacia los tableros de la casa.

Las luminarias tanto de exteriores como dentro de los edificios deberán ser eficientes energéticamente, ya sea de tecnología LED, plasma o similar, y su diseño y distribución evitará la contaminación lumínica procurando el confort tanto de los usuarios como del hábitat que se interviene.

Combustibles

Los vehículos cargarán directamente en la estación de servicio. Este traslado se realizará en camiones o camionetas propiedad de las compañías constructoras conforme se requiera, ya que no se almacenará combustible en el área del proyecto.

Los combustibles requeridos son particularmente diésel para maquinaria pesada y gasolina sin plomo para vehículos ligeros.

Tabla I.9. Consumo de combustibles previstos durante el proyecto.

MAQUINARIA	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (l/hr)	CONSUMO DIARIO * (l/hr)
Camión de volteo	18	144
Aplanadora (compactador)	3	24
Motoconformadora	17	136
Camioneta	4	32

* En ocho horas continuas de trabajo.

No se proyecta el almacenaje de aceites y lubricantes en obra, ya que serán adquiridos conforme se requieran. El mantenimiento de la maquinaria se realizará en talleres particulares fuera del sitio de operación. En casos de fuerza mayor, las reparaciones en campo considerarán las medidas necesarias para evitar derrames y la consecuente contaminación del suelo.

I.5.8. INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO Y LA DISPOSICIÓN ADECUADA DE LOS RESIDUOS

A continuación, se describe la infraestructura con la que se contará para el manejo y disposición de los residuos:

Tabla I.10. Infraestructura y control de las generaciones que se realizarán por el proyecto.

ETAPA	INFRAESTRUCTURA/CONTROL REQUERIDO
Manejo y disposición de residuos sólidos no peligrosos	
Preparación de sitio y construcción	Los residuos producto de las actividades de limpieza y despalme durante la preparación del sitio; se utilizarán para la conformación de otras áreas de la obra; el sobrante se llevará a un sitio de disposición final. Los restos de material de banco (polvo y grava, piedras del sitio) serán utilizados para relleno en las áreas del terreno que lo ameriten. Estos residuos se mantendrán temporalmente en contenedores o sacos y se dispondrán en un área específica en que no afecte los trabajos. Previo a la entrega y ocupación de la infraestructura, se retirarán todas las instalaciones provisionales, se realizará la limpieza y se retirarán todos los materiales sobrantes. Los residuos urbanos generados; serán transportados y dispuestos por empresas autorizadas y contratadas para dichos fines. En el caso de los residuos de manejo especial que se generarán durante la construcción, se utilizarán como rellenos de la obra, y en caso de que sobren se llevará a empresas recicladoras o en el sitio de disposición final autorizando, dependiendo de los volúmenes generados.
Operación	Los residuos sólidos urbanos generados, se entregarán a una empresa autorizada para la recolección de estos residuos, y su disposición final será al sitio donde indique la autoridad correspondiente. En el caso de los residuos de manejo especial que se generarán en cantidades bajas, cuando se generé una cantidad considerable serán llevados a empresas recicladoras o al sitio de disposición final.
Manejo y disposición de residuos sólidos peligrosos	
Preparación de sitio y construcción	Si se llegarán a generar por las maquinarias y equipos, dichos residuos serán responsabilidad de la empresa arrendadora del servicio; sin embargo, en caso de que se generen por parte del promovente del proyecto se contará con contenedores únicamente para este tipo de residuos y serán resguardados en un almacén temporal hasta la recolección de una empresa autorizada para este tipo de residuos.
Operación	Se contará con un almacén permanente; con la finalidad de almacenar los tambos con residuos peligroso generados, y posteriormente, se realizará el transporte y disposición final de estos residuos por una empresa autorizada por la SEMARNAT para este fin.
Manejo y disposición de aguas residuales	
Preparación de sitio y construcción	Se contará con baños portátiles; los cuales contarán con el servicio de mantenimiento por parte de una empresa autorizada que presta el servicio

ETAPA	INFRAESTRUCTURA/CONTROL REQUERIDO
	de los baños portátiles.
Operación	Las aguas residuales generadas durante la etapa de operación se irán a un sistema de tratamiento Aclarapack, con una capacidad de tratamiento de 0.015 litros por segundo, recomendada para viviendas que cuenten con entre de 4 y 9 usuarios. Este es de forma cilíndrica, tiene un diámetro de 0.78 m y una altura de 1.22 m.
Control para la minimización de emisiones a la atmósfera	
Preparación de sitio y construcción	En el caso de los sólidos suspendidos por maquinaria; así como por el tránsito de vehículos y por el acarreo de materiales en los camiones de volteo; se deberá mantener húmedo el suelo, mediante el riego con pipas, además de que se cubrirán con lonas las cajas de los camiones, siempre y cuando transiten materiales, esto para evitar la emisión de partículas suspendidas. Se verificará previo al contrato de servicios, que los equipos y maquinarias estén en condiciones adecuadas, y se verifique su estado de manera frecuente.

CAPÍTULO

II

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

CONTENIDO

II. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO.....1
II.1 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA) (*Última reforma DOF 19-01-2026*).....1
II.2 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.....7
II.3 PLANES DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POET) DECRETADOS.....9
II.3.1. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO (POEGT)9
II.3.2. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE (POEMyRGMyMC).....15
II.3.3. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO DE YUCATÁN (POETY, DECRETO 692/2023).....30
II.3.4. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO COSTERO DE YUCATÁN (POETCY).....44
II.4. PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO.....52
II.5. DECRETOS, REGIONES PRIORITARIAS Y PROGRAMAS DE MANEJO DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.....52
II.5.1. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (ANP´s).....52
II.5.2. REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS (RTP´s).....53
II.5.3. REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS (RHP´s).....54
II.5.4. REGIONES MARINAS PRIORITARIAS (RTP´s).....56
II.5.5. ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES (AICAS).....57
II.6. LEYES Y REGLAMENTOS DE LEY.....57
II.6.1. LEY DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE YUCATÁN.....57
II.6.2. REGLAMENTO DE LA LEY DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE YUCATÁN.....58
II.6.3. LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE.....59
II.6.4. REGLAMENTO DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES.....60
II.6.1. LEY GENERAL DE ASENTAMIENTOS HUMANOS, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO.....61
II.6.1. LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO.....68
II.7. NORMAS OFICIALES MEXICANAS.....88
II.7.1. EN MATERIA DE AGUA.....88
II.7.2. EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS.....89
II.7.3. EN MATERIA DE FLORA Y FAUNA.....89
II.7.4. EN MATERIA DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA.....90
II.7.5. EN MATERIA DE RUIDO.....91
II.7.6. EN MATERIA DE SALUD.....91

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

A continuación, se realiza una identificación y análisis de los diferentes instrumentos de planeación que ordenan la zona donde se ubicará el proyecto con la finalidad de sujetarse a los instrumentos con validez legal y establecer su correspondencia y vinculación con los mismos.

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 nos permita 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 dichos ordenamientos con referencia a proyectos habitacionales y su relación con los aspectos ambientales de estos y el manejo o aprovechamiento que de los recursos naturales se realiza durante la construcción y la operación de proyectos de ese tipo.

II.1 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA) (*Última reforma DOF 19-01-2026*).

ARTÍCULO 28. La evaluación del impacto ambiental, es el procedimiento mediante el cual se establecerán las condiciones a que deberá sujetarse la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental en la Secretaría:

Párrafo reformado DOF 23-02-2005

IX. Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros.

ARTÍCULO 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

Cuando se trate de actividades consideradas altamente riesgosas en los términos de la presente Ley, la manifestación deberá incluir el estudio de riesgo correspondiente. Si después de la presentación de una manifestación de impacto ambiental se realizan modificaciones al proyecto de la obra o actividad respectiva, los interesados deberán hacerlas del conocimiento de la Secretaría, a fin de que ésta, en un plazo no mayor de 10 días les notifique si es necesaria la presentación de información adicional para evaluar los efectos al ambiente, que pudiesen ocasionar tales modificaciones, en términos de lo dispuesto en esta Ley. Los contenidos del informe preventivo, así como las características y las modalidades de las manifestaciones de impacto ambiental y los estudios de riesgo serán establecidos por el Reglamento de la presente Ley.

Artículo reformado DOF 13-12-1996

Vinculación: *En cumplimiento de lo dispuesto por el artículo 28 de la LGEEPA, el promovente somete el presente proyecto al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, mediante la presentación de una Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Particular (MIA-P). Lo anterior, en virtud de que el proyecto consiste en la construcción de una vivienda veraniega unifamiliar que pretende desarrollarse en un ecosistema costero, por lo que, atendiendo a su naturaleza y ubicación, se encuentra sujeto a las disposiciones aplicables en materia de evaluación del impacto ambiental. En este sentido, se presenta el estudio correspondiente ante la autoridad ambiental competente, a efecto de que se evalúen los posibles impactos ambientales derivados de las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del proyecto, así como las medidas de prevención, mitigación y compensación que, en su caso, resulten procedentes.*

ARTÍCULO 79. Para la preservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestre, se considerarán los siguientes criterios:

I.- La preservación y conservación de la biodiversidad y del hábitat natural de las especies de flora y fauna que se encuentran en el territorio nacional y en las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción;

Fracción reformada DOF 06-04-2010

Vinculación: *Como parte de las medidas de prevención y mitigación propuestas, se implementará un Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna Silvestre previo al inicio de las obras, con el objetivo de proteger los ejemplares de flora y fauna que pudieran encontrarse dentro del área de intervención. Asimismo, como parte de las medidas contempladas para el desarrollo del proyecto se ha destinado dos áreas específicas con la vegetación mejor desarrollada y conservada, mismas que permanecerán libres de infraestructura y actividades constructivas que pudieran alterar sus condiciones naturales. Estas superficies de conservación tendrán como finalidad contribuir a la preservación de los elementos de vegetación existentes, así como proporcionar espacios que favorezcan el establecimiento, refugio, alimentación y desplazamiento de la fauna silvestre que pudieran encontrarse en el sitio y sus inmediaciones.*

Asimismo, la conservación de estas áreas permitirá mantener espacios con condiciones ambientales favorables para el desarrollo de los procesos ecológicos locales, contribuyendo a reducir la fragmentación del hábitat, conservar la cobertura vegetal y mantener la conectividad ecológica dentro del predio.

II.- La continuidad de los procesos evolutivos de las especies de flora y fauna y demás recursos biológicos, destinando áreas representativas de los sistemas ecológicos del país a acciones de preservación e investigación;

Vinculación: *El proyecto se desarrollará en un predio inmerso dentro de una zona urbana costera previamente intervenida, por lo que no representa una fragmentación significativa de ecosistemas naturales. Adicionalmente, se conservarán áreas permeables y vegetación nativa dentro del predio, permitiendo la permanencia de procesos ecológicos locales y la movilidad de organismos de pequeña fauna. Debido a la reducida superficie del proyecto y a la aplicación de medidas de mitigación ambiental, no se prevén afectaciones que comprometan la continuidad de los procesos evolutivos o ecológicos de las especies presentes en el sistema ambiental.*

III. La preservación de las especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial;

Vinculación: *Durante la caracterización biológica del área de estudio se consideró la identificación de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. En caso de detectarse ejemplares de flora o fauna con alguna categoría de protección, éstos serán objeto de rescate, reubicación y protección conforme a los procedimientos establecidos en el Programa de Rescate de Flora y Fauna Silvestre. Asimismo, como parte de las medidas contempladas para el desarrollo del proyecto se ha destinado dos áreas específicas con la vegetación mejor desarrollada y conservada, mismas que permanecerán libres de infraestructura y actividades constructivas que pudieran alterar sus condiciones naturales. Estas superficies de conservación tendrán como finalidad contribuir a la preservación de los elementos de vegetación existentes, así como proporcionar espacios que favorezcan el establecimiento, refugio, alimentación y desplazamiento de la fauna silvestre que pudieran encontrarse en el sitio y sus inmediaciones.*

La conservación de estas áreas permitirá mantener espacios con condiciones ambientales favorables para el desarrollo de los procesos ecológicos locales, contribuyendo a reducir la fragmentación del hábitat, conservar la cobertura vegetal y mantener la conectividad ecológica dentro del predio. Por lo tanto, el proyecto incorpora medidas específicas para la protección de especies prioritarias para la conservación.

IV. El combate al tráfico o apropiación ilegal de especies;

Vinculación: *Durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación se prohibirá estrictamente la captura, extracción, comercialización, posesión o traslado no autorizado de ejemplares de flora y fauna silvestre. Esta disposición será comunicada a todo el personal mediante programas de inducción y capacitación ambiental. En caso de detectarse fauna silvestre, se procederá únicamente a su rescate y reubicación por personal capacitado, evitando cualquier práctica que pudiera derivar en el aprovechamiento ilegal de las especies.*

V. El fomento y creación de las estaciones biológicas de rehabilitación y repoblamiento de especies de fauna silvestre;

Vinculación: *Si bien el proyecto no contempla la creación de estaciones biológicas o centros de rehabilitación, las acciones de rescate y reubicación de fauna silvestre contribuirán a la conservación de los ejemplares presentes en el área de influencia. Los organismos rescatados serán liberados en sitios con condiciones ambientales adecuadas y con hábitats compatibles, reduciendo el riesgo de afectación a las poblaciones locales. En consecuencia, el proyecto es compatible con los objetivos de conservación establecidos en esta fracción.*

VI. La participación de las organizaciones sociales, públicas o privadas, y los demás interesados en la preservación de la biodiversidad;

Vinculación: *El proyecto se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental previsto en la LGEEPA, permitiendo la intervención de las autoridades ambientales competentes y de la sociedad mediante los mecanismos de participación pública aplicables. Asimismo, las medidas de mitigación y programas ambientales podrán ser supervisados por las autoridades correspondientes, promoviendo la corresponsabilidad en la conservación de la biodiversidad local.*

VII. El fomento y desarrollo de la investigación de la fauna y flora silvestre, y de los materiales genéticos, con el objeto de conocer su valor científico, ambiental, económico y estratégico para la Nación;

Vinculación: *Para la elaboración de la presente Manifestación de Impacto Ambiental se realizaron estudios de campo para la caracterización de la flora y fauna presentes en el sistema ambiental y área de influencia, generando información técnica sobre la composición biológica del sitio. Los resultados obtenidos contribuyen al conocimiento de las condiciones ambientales locales y podrán servir como referencia para futuras evaluaciones ambientales en la región. De esta manera, el proyecto es congruente con los objetivos de generación y fortalecimiento del conocimiento ambiental.*

VIII. El fomento del trato digno y respetuoso a las especies animales, con el propósito de evitar la crueldad en contra de éstas;

Vinculación: *Las actividades de rescate y reubicación de fauna silvestre serán realizadas por personal capacitado, utilizando métodos que minimicen el estrés, lesiones o mortalidad de los organismos. Se prohibirá expresamente cualquier acción de maltrato, persecución, captura innecesaria o destrucción intencional de fauna silvestre por parte de los trabajadores. Asimismo, se impartirán pláticas de sensibilización ambiental para fomentar el respeto hacia la vida silvestre durante todas las etapas del proyecto.*

IX. El desarrollo de actividades productivas alternativas para las comunidades rurales, y

Vinculación: *Debido a que el proyecto se localiza dentro de una zona urbana costera y corresponde a un desarrollo habitacional privado, esta fracción no resulta aplicable de manera directa. No obstante, la ejecución del proyecto generará empleos temporales y demanda de bienes y servicios locales durante las etapas de construcción y operación, contribuyendo indirectamente a la economía regional sin promover actividades que impliquen el aprovechamiento extractivo de la flora o fauna silvestre.*

X. El conocimiento biológico tradicional y la participación de las comunidades, así como los pueblos indígenas en la elaboración de programas de biodiversidad de las áreas en que habiten.

Artículo reformado DOF 13-12-1996

Vinculación: *El proyecto se ubica en una zona urbanizada del municipio de Dzemul, Yucatán, donde no se identifican comunidades indígenas asentadas dentro del área del proyecto. No obstante, en la elaboración de los estudios ambientales se consideró información científica y técnica disponible sobre los ecosistemas costeros de la región, así como el conocimiento generado sobre la biodiversidad de la Península de Yucatán. Asimismo, el*

proyecto se ajusta a los instrumentos de planeación ecológica y territorial vigentes, los cuales incorporan criterios orientados a la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad regional.

Conclusión

Con base en las características del proyecto, las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas, así como la implementación de programas de rescate y protección de flora y fauna silvestre, se concluye que el desarrollo habitacional es congruente con los criterios establecidos en el artículo 79 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad y minimizando los impactos sobre los ecosistemas presentes en el área de influencia del proyecto.

ARTÍCULO 110. Fracción II. Las emisiones de contaminantes de la atmósfera sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

ARTÍCULO 113. No deberán emitirse contaminantes a la atmósfera que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente.

Vinculación: *Los niveles de emisión de los equipos que se emplearán para realizar el proyecto se verificarán conforme a la disposición estatal, se pretende minimizar la emisiones a la atmósfera a partir de la realización de mantenimientos periódicos a todos y cada uno de los equipos que se emplearan en las actividades de construcción como es el de transporte del material, limpieza del sitio, así como para las camionetas utilizados durante las etapas de preparación y construcción para la supervisión del proyecto.*

ARTÍCULO 117. Para la prevención de la contaminación del agua se considera los siguientes criterios:

- **I.** La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país.
- **II.** Corresponde al Estado y a la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo.
- **III.** El aprovechamiento del agua en actividades productivas susceptibles de producir su contaminación, conlleva la responsabilidad del tratamiento de las descargas, para reintegrarlas en condiciones adecuadas para su utilización en otras actividades y para mantener el equilibrio de los ecosistemas.
- **IV.** Las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuentas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo.
- **V.** La participación y corresponsabilidad de la sociedad en condición indispensable para evitar la contaminación del agua.

ARTÍCULO 121. No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población.

ARTÍCULO 122. Las aguas residuales provenientes de usos públicos urbanos y las de usos industriales o agropecuarios que se descarguen en los sistemas de drenaje y alcantarillado de las poblaciones o en las cuencas

ríos, cauces, vasos y demás depósitos o corrientes de agua, así como las que por cualquier medio se infiltren en el subsuelo, y en general, las que se derramen en los suelos, deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir.

I. Contaminación de los cuerpos receptores.
II. Interferencias en los procesos de depuración de las aguas.
III. Trastornos, impedimentos o alteraciones en los correctos aprovechamientos, o en el funcionamiento adecuado de los sistemas, y en la capacidad hidráulica en las cuencas, cauces, vasos, mantos acuíferos y demás depósitos de propiedad nacional, así como de los sistemas de alcantarillado.

Vinculación: *El proyecto contempla, durante la etapa de construcción, la renta de sanitarios portátiles, cuyo mantenimiento, limpieza y manejo de las aguas residuales generadas estarán a cargo de la empresa prestadora del servicio, la cual será responsable de su recolección, traslado, tratamiento y disposición final conforme a la normatividad aplicable. Durante la etapa de operación, el proyecto contará con un Sistema Individual de Tratamiento de Aguas Residuales (SITAR) modelo DLD14®, de la marca DLD14, con una capacidad nominal de tratamiento de 1,300 litros por día (1.3 m³/día). Este sistema prefabricado está integrado por dos módulos de polietileno de alta densidad, con capacidades de 720 y 580 litros, respectivamente, y utiliza un proceso de tratamiento biológico anaerobio mediante microorganismos BIODLD®, complementado con etapas de sedimentación y separación de sólidos. Su funcionamiento comprende cuatro etapas de tratamiento, en las cuales se favorece la retención de sólidos sedimentables y la degradación biológica de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Una vez concluido el proceso, el efluente será conducido al mecanismo de disposición final previsto para el proyecto, cuya viabilidad deberá sustentarse en las características de permeabilidad, estratigrafía y profundidad del nivel freático del terreno, a efecto de evitar posibles afectaciones al suelo y al acuífero. Para ello, deberán considerarse las especificaciones técnicas del fabricante y las disposiciones ambientales aplicables, así como garantizar el mantenimiento periódico del sistema y el manejo adecuado de los lodos y residuos generados durante su operación. Para mayor detalle sobre las características y funcionamiento del sistema de tratamiento propuesto, véase el anexo 7 de este estudio.*

ARTÍCULO 134. Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios:

I. Corresponde al estado y la sociedad prevenir la contaminación del suelo.
II. Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos.
III. Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes.
IV. La utilización de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, debe ser compatible con el equilibrio de los ecosistemas y considerar sus efectos sobre la salud humana a fin de prevenir los daños que pudieran ocasionar.
V. En los suelos contaminados por la presencia de materiales o residuos peligrosos, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperar o restablecer sus condiciones, de tal manera que puedan ser utilizados en cualquier tipo de actividad prevista por el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable.

ARTÍCULO 136. Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:

- **I.** La contaminación del suelo.
- **II.** Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos.
- **III.** Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación.
- **IV.** Riesgos y problemas de salud.

Vinculación: *Los residuos sólidos urbanos no peligrosos que serán generados dentro del predio por las actividades del proyecto se manejarán en contenedores y serán dispuestos en el sitio de disposición final de las localidades cercanas, en este caso del municipio de Dzemul.*

ARTÍCULO 151. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó.

ARTÍCULO 152 BIS. Cuando la generación, manejo o disposición final de materiales o residuos peligrosos, produzca contaminación del suelo, los responsables de dichas operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo, con el propósito de que éste pueda ser destinado a alguna de las actividades previstas en el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable, para el predio o zona respectiva.

Vinculación: *Derivado de las actividades de operación de los equipos e infraestructura instalada se generarán residuos peligrosos para lo cual se contratará a empresas autorizadas para realizar su manejo que deberán ser supervisadas por el personal que realice la obra.*

II.2 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

CAPÍTULO II
DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES QUE REQUIEREN AUTORIZACIÓN EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL Y DE LAS EXCEPCIONES

CAPITULO II. De las obras o actividades que requieren autorización en materia de impacto ambiental.

Artículo 5o. Quienes pretendan llevar a cabo alguno de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:

Q) DESARROLLOS INMOBILIARIOS QUE AFECTEN LOS ECOSISTEMAS COSTEROS:

Construcción y operación de hoteles, condominios, villas, desarrollos habitacionales y urbanos, restaurantes, instalaciones de comercio y servicios en general, marinas, muelles, rompeolas, campos de golf, infraestructura

turística o urbana, vías generales de comunicación, obras de restitución o recuperación de playas, o arrecifes artificiales, que afecte ecosistemas costeros.

Vinculación. *Con la presentación de la presente manifestación de impacto ambiental, modalidad particular para evaluación y dictamen, se atiende a lo solicitado a dichos artículos.*

En el proyecto se pretende realizar la construcción de un desarrollo de inmobiliario (viviendas unifamiliares) vinculándose al inciso Q de este artículo.

De manera que el presente estudio de impacto ambiental se presenta con la finalidad de obtener la autorización en materia de impacto ambiental para el proyecto de la construcción de vivienda unifamiliar tipo veraniega, de acuerdo a lo que se establece en el reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

CAPÍTULO III. Del procedimiento para la evaluación del impacto ambiental.

Artículo 9. Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización.

Artículo 10. Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:

1.- Regional o
2.- Particular

Artículo 14. Cuando la realización de una obra o actividad que requiera sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental involucre, además, el Cambio de Uso del Suelo de Áreas Forestales y en selvas y zonas áridas, los promoventes podrán presentar una sola manifestación de impacto ambiental que incluya la información relativa a ambos proyectos.

Artículo 17. El promovente deberá presentar a la secretaría la solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, anexando:

I.- La manifestación de impacto ambiental.
II.- Un resumen del contenido de la manifestación de impacto ambiental, presentado en disquete.
III.- Una copia sellada de la constancia del pago de derechos correspondientes.

Artículo 19. La solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, sus anexos y, en su caso, la información adicional, deberán presentarse en un disquete al que se acompañarán cuatro impresos de su contenido.

Vinculación: *El proyecto se somete a evaluación a través de la Manifestación de Impacto Ambiental para la autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en Materia de Impacto Ambiental, en virtud de que se incluye en el inciso Q referente a: Afectación de Desarrollo Inmobiliario que Afecte Los Ecosistemas Costeros.*

Es decir, el proyecto requerirá de autorización en Materia de Impacto Ambiental debido a lo siguiente:

- *El proyecto se encuentra en el municipio de Dzemul, considerando el área como ecosistema costero según lo referido en el artículo 3°, fracción XIII Bis de la LGEEPA y artículo 4° del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán.*

II.3 PLANES DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POET) DECRETADOS

II.3.1. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO (POEGT)

El proyecto se encuentra inmerso dentro del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) específicamente en la Región Ecológica 17.33, UAB 62. Karst de Yucatán y Quintana Roo, tal como se puede observar en la siguiente figura:

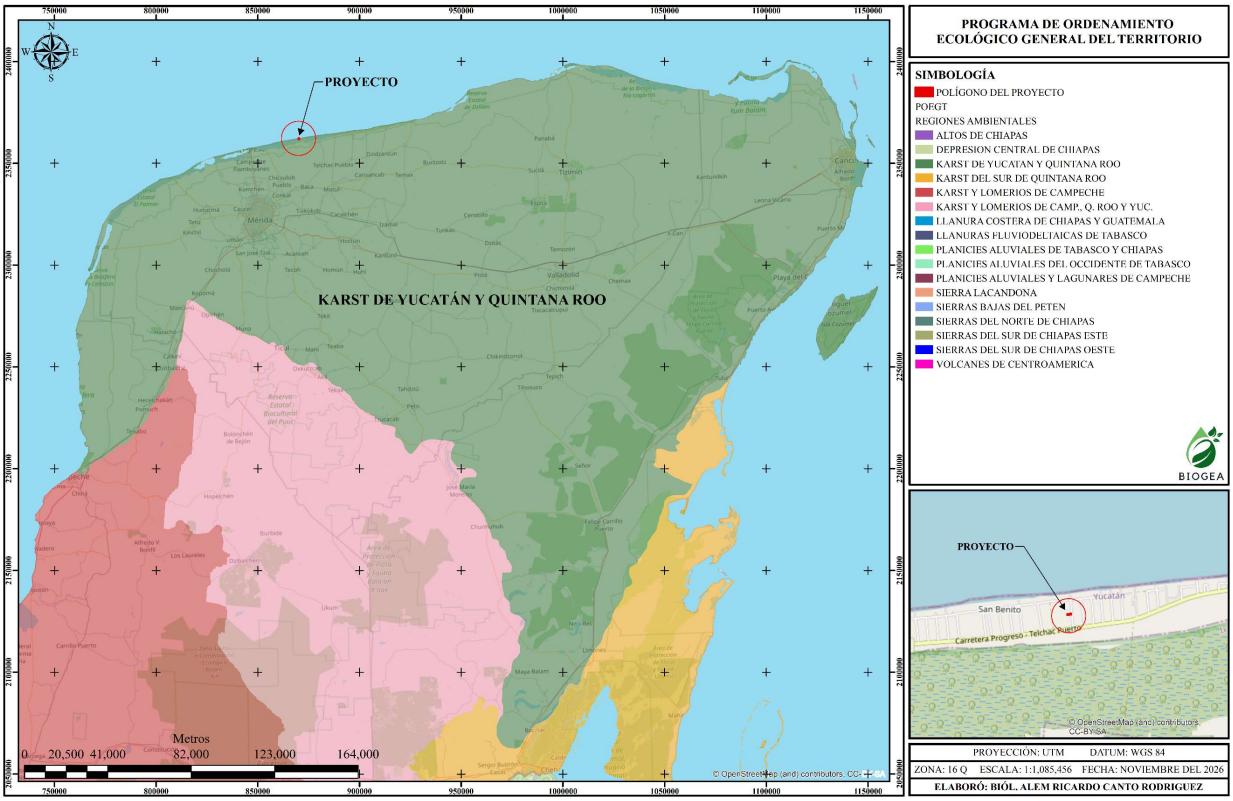


Figura II.1. Ubicación del proyecto en UAB 62. Karst de Yucatán y Quintana Roo.

Tabla II.1. Políticas y estrategias sectoriales de la UAB 62. Karst de Yucatán y Quintana Roo.

UAB	RECTORES DEL DESARROLLO	COADYUVANTES DEL DESARROLLO	ASOCIADOS DEL DESARROLLO	OTROS SECTORES DE INTERÉS	ESTRATEGIAS SECTORIALES
62	Preservación de Flora y Fauna- Turismo	Desarrollo Social-Forestal	Agricultura-Ganadería	Pueblos Indígenas	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44.

Tabla II.2. Estrategias sectoriales de la UAB 62. Kars de Yucatán y Quintana Roo.

ESTRATEGIA. UAB 62
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio
A) Preservación
1. Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad. ***Vinculación:*** *No aplica, ya que el proyecto consiste en la construcción de una vivienda unifamiliar establecida en zona donde existen claras modificaciones antropogénicas, por lo que durante la caracterización se observa que la vegetación no es original. Sin embargo, a manera de cumplir con lo establecido en la presente estrategia, para el proyecto se propone la ejecución de un Programa de acción para la protección de flora y fauna silvestre (Ver programa en anexo 6), el cual tiene como propósito llevar a cabo la reforestación con especies nativas y de importancia en la zona fomentando la conservación en el sitio y evitando la introducción de especies exóticas.* **2.** Recuperación de especies en riesgo. ***Vinculación:*** *El proyecto no pretende afectar especies en riesgo llevando a cabo acciones de rescate y ahuyentamiento de la fauna silvestre que pudiera encontrarse durante las actividades constructivas del proyecto, así como la plantación de especies nativas en las áreas que serán conservadas. De manera que para ello se propone un Programa de acción para la protección de la fauna silvestre y un programa de acción para la protección de flora silvestre (Ver Anexo 6 de este estudio) con la finalidad de preservar la biodiversidad y las formas de vida de las especies silvestre de esa región.* **3.** Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad. ***Vinculación:*** *No aplica de manera estricta al proyecto; ya que este consiste en la construcción de una vivienda unifamiliar. No obstante, como parte de los resultados del presente estudio, se revelan datos acerca de la composición, estructura y diversidad de la vegetación y fauna silvestre imperante dentro del área pretendida para el presente proyecto, mismos resultados que se integran al* ***capítulo 4*** *del presente documento.*
B) Aprovechamiento sustentable
4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. ***Vinculación:*** *No aplica la presente estrategia; ya que el proyecto no pretende realizar el aprovechamiento de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. El proyecto en sí pretende la construcción de un desarrollo de vivienda veraniega de segunda residencia.*

ESTRATEGIA. UAB 62
5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios. ***Vinculación:*** *No aplica al proyecto; éste no pretende realizar el aprovechamiento sustentable de suelos agrícolas ni pecuarios. Este consiste en la construcción y operación de una vivienda unifamiliar para descanso, con uso exclusivo de los propietarios y familiares durante las épocas de verano.* **6.** Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas. ***Vinculación:*** *No aplica; pues no es objetivo del presente proyecto modernizar el establecimiento de obras hidroagrícolas ni tecnificar las superficies agrícolas. Este consiste en el establecimiento de una vivienda unifamiliar con infraestructura adecuada para descanso y recreación de los mismos propietarios.* **7.** Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. ***Vinculación:*** *No aplica, ya que el proyecto no pretende realizar en ningún momento el aprovechamiento de los recursos forestales. Este consiste en el establecimiento de una vivienda unifamiliar con infraestructura adecuada para descanso y recreación de los mismos propietarios.* **8.** Valoración de los servicios ambientales. ***Vinculación:*** *Como producto del análisis anterior se puede afirmar que las afectaciones de los servicios ambientales por el proyecto serán mínimos con respecto a su entorno. Por otra parte, el proyecto mantendrá áreas de conservación; mismas que mantendrá el suelo natural y vegetación nativa; por lo que seguirán prestando una serie de funciones ecológicas importantes y servicios ambientales de importancia, tales como la protección, formación y regulación de los nutrimentos del suelo, infiltración de agua en calidad y cantidad, entre otros.*
C) Protección de los recursos naturales
9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados. ***Vinculación:*** *No aplica; ya que el proyecto pretende la construcción de una vivienda unifamiliar. No obstante, resaltando la* importancia *de la captación de agua en cantidad y calidad, el proyecto promueve la permanencia de áreas de conservación, que contribuirán a la captación del agua y a la purificación de esta. Asimismo, el proyecto aplicará una serie de medidas de mitigación para proteger y conservar el acuífero en la región y actividades de rescate y reubicación de plantas nativas y endémicas, para minimizar los efectos de escurrimientos temporales, para promover la captación de agua y minimizar la erosión del suelo en la región.* **10.** Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos. ***Vinculación:*** *No aplica; ya que el proyecto se refiere a la construcción de vivienda unifamiliar, misma que no tiene como objetivo el reglamentar el uso de agua en las principales cuencas y acuíferos. Por otra parte, para el tratamiento de las aguas residuales de origen doméstico, tanto grises como negras, el proyecto propone la instalación de un Sistema Individual de Tratamiento de Aguas Residuales (SITAR), modelo DLD14®, con una capacidad nominal de tratamiento de 1,300 litros por día (1.3 m³/día). Este sistema prefabricado está conformado por dos módulos de polietileno de alta densidad, con capacidades de 720 y 580 litros, respectivamente, y opera mediante un proceso de tratamiento biológico anaerobio, en el que intervienen microorganismos BIODLD®, complementado con etapas de sedimentación y separación de sólidos. Su funcionamiento comprende cuatro etapas sucesivas que favorecen la retención de sólidos sedimentables y la degradación biológica de la materia orgánica contenida en las aguas residuales. Una vez concluido el proceso*

ESTRATEGIA. UAB 62
de tratamiento, el efluente será conducido al mecanismo de disposición final establecido para el proyecto, el cual deberá ser técnicamente adecuado a las condiciones del sitio, considerando particularmente la permeabilidad del suelo, la estratigrafía y la profundidad del nivel freático, con el propósito de prevenir posibles afectaciones al suelo y al acuífero. Asimismo, se deberá garantizar el mantenimiento periódico del sistema, la extracción y el manejo adecuado de los lodos acumulados, así como la operación conforme a las especificaciones técnicas del fabricante y las disposiciones ambientales aplicables. Para mayor detalle sobre las características, componentes y funcionamiento del sistema de tratamiento propuesto, véase el anexo 7 correspondiente de este estudio. ***11.** Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por CONAGUA.* ***Vinculación:** No le aplica, ya que el sitio donde se ubica el proyecto no cuenta con presas, ni es de su competencia realizar tal acción. El proyecto pretende realizar la construcción de una casa de playa ubicada en el municipio de Dzemul.* **12.** Protección de los ecosistemas. ***Vinculación:** El proyecto que nos ocupa propondrá acciones ambientales que conlleven a la conservación y a la protección de ecosistemas a través de la permanencia de biodiversidad representativa (rescate y reubicación de fauna silvestre en especial de especies en riesgo, así como la permanencia de áreas de conservación con suelo natural y cubierta vegetal típico de la región) que permitan la continuidad en los servicios ambientales que se prestan en la región.* **13.** Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes. ***Vinculación:** No aplica; ya que el proyecto no pretende racionar ni utilizar el uso de agroquímicos, ni promover el uso de biofertilizantes.*
D) Restauración
14. Restauración de los ecosistemas forestales y suelos agrícolas. ***Vinculación:** A pesar de que el proyecto no presenta un ecosistema forestal debido a los cambios y modificaciones que el predio y sus colindancias han presentado a lo largo de los años; a través del presente estudio, se mantendrán áreas de conservación con suelo y vegetación natural que permitan la protección y restauración de los ecosistemas costeros y suelos en la región.*
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios.
21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo. ***Vinculación:** No le compete tal acción, ya que el proyecto no es una obra turística más bien trata sobre la construcción de una vivienda unifamiliar, sirviendo como sitio veraniego y de descanso para los mismos propietarios.* **22.** Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional. ***Vinculación:** No le compete tal acción, ya que el proyecto no es una obra turística más bien trata sobre la construcción de una vivienda unifamiliar en el municipio de Dzemul.* **23.** Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo

ESTRATEGIA. UAB 62
(gastos del turista) – beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional). ***Vinculación:*** *Aunque no es de su competencia el realizar dichas estrategias para sostener y diversificar la demanda turística, se cumple con lo antes referido, ya que ofrecerán empleos temporales al momento de construir la vivienda unifamiliar, así como empleos permanentes una vez que se dé comienzo a la etapa operativa y de mantenimiento.*
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional
31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas. ***Vinculación:*** *Es competencia de la autoridad, el impulso al desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas.*
32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de estas para impulsar el desarrollo regional. ***Vinculación:*** *El proyecto se encuentra de acuerdo con la carta de uso de suelos y vegetación en área urbano-construida (asentamientos humanos), que es un suelo apto para el desarrollo urbano, y que si bien, de acuerdo con las observaciones de campo, el predio cuenta con algunos elementos de duna costera, por lo que el proyecto no afectará áreas de importancia para su conservación, cumpliendo con dicha estrategia.*
E) Desarrollo social
36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza. ***Vinculación:*** *No aplica, ya que no se pretende implementar un proyecto agroalimentario. El proyecto pretende la construcción y operación de una vivienda unifamiliar en zona costera.*
37. Integrar a mujeres indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas. ***Vinculación:*** *No aplica debido ya que no es un proyecto agrícola, este es un proyecto que se refiere a la construcción y operación de una vivienda veraniega unifamiliar.*
38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza. ***Vinculación:*** *No aplica de manera estricta, sin embargo, durante la construcción del proyecto se generarán fuentes de empleo temporal en beneficio de los habitantes de la localidad, contribuyendo a la mejora en la economía, optimizando el desarrollo de capacidades económicas de la población cercana al predio del proyecto.*
39. Incentivar el uso de los servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza. ***Vinculación:*** *No aplica al proyecto pues este se refiere a la construcción y operación una vivienda unifamiliar. Sin embargo, los empleos que pudieran generarse promoverán hacia los trabajadores el uso de los servicios de salud.*

ESTRATEGIA. UAB 62
40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación. ***Vinculación:*** *No aplica, ya que el proyecto se refiere a la construcción de una vivienda unifamiliar misma que no tiene como objetivo la integración social e igualdad de oportunidades en adultos mayores.* **41**. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad. ***Vinculación:*** *No aplica, ya que el proyecto se refiere a la construcción de una vivienda unifamiliar, misma que no tiene como objetivo principal la integración social.*
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional
A) Marco Jurídico
42. Asegurara la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural. ***Vinculación:*** *El presente proyecto asegurará el respeto a los derechos de propiedad rural, al desarrollarse en predio que es propiedad del promovente.*
B) Planeación del Ordenamiento Territorial
43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos. ***Vinculación:*** *No es objetivo del proyecto el realizar acciones relacionadas con la agricultura, sin embargo, pretende impulsar las actividades* **44.** Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil. ***Vinculación:*** *No es competencia del proyecto realizar tales acciones. Pero cabe señalar que el área que ocupa el proyecto ha sido objeto de ordenamiento territorial estatal (POETY y POETCY) el cual se vincula en páginas posteriores.*

II.3.2. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE (POEMyRGMyMC)

El POEMyRGMyMC, es el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de estos.

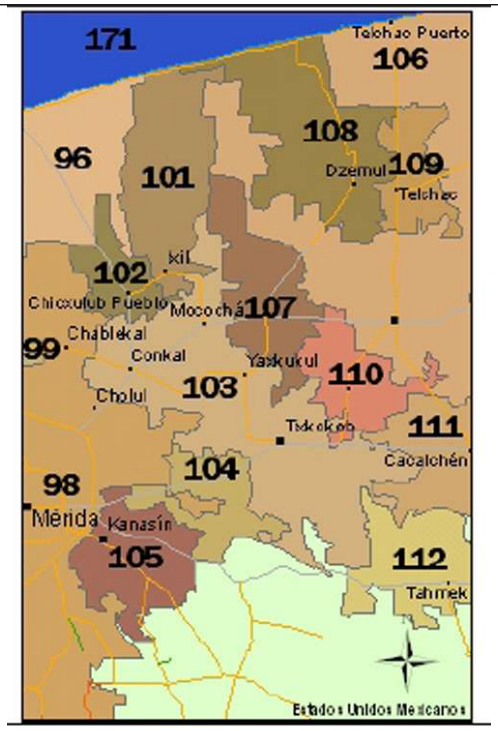
El POEMyRGMyMC identifica, orienta y enlaza las políticas, programas, proyectos y acciones de la administración pública que contribuyan a lograr las metas regionales que en él se plantean y optimizar el uso de los recursos públicos de acuerdo con la aptitud del territorio.

Por otro lado, el POEMyRGMyMC como elemento integrador de políticas públicas permite además dar un marco coherente a las acciones que se ha comprometido México en materia de derecho marítimo, lucha contra la contaminación en los mares, protección de los recursos marinos, combate a la marginación y orientación del desarrollo hacia la sustentabilidad como signatario de gran cantidad de acuerdos internacionales.

El proyecto se encuentra inmerso dentro del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMMC), específicamente se encuentra inmerso dentro de la UGA # 108 DZEMUL. A continuación, se presentan las características de las UGA, las políticas y los criterios ambientales aplicables al proyecto:

Tabla II.3. Unidad de Gestión Ambiental #108 denominada Dzemul.

TIPO DE UGA:	Regional
NOMBRE:	Dzemul
MUNICIPIO:	Dzemul
ESTADO:	Yucatán
POBLACIÓN	3,275 habitantes
SUPERFICIE	17,747.72 Ha
SUBREGIÓN	Aplicar criterios de Zona Costera Inmediata Canal de Yucatán.
ISLAS	
PUERTO TURÍSTICO	
PUERTO COMERCIAL	
PUERTO PESQUERO	



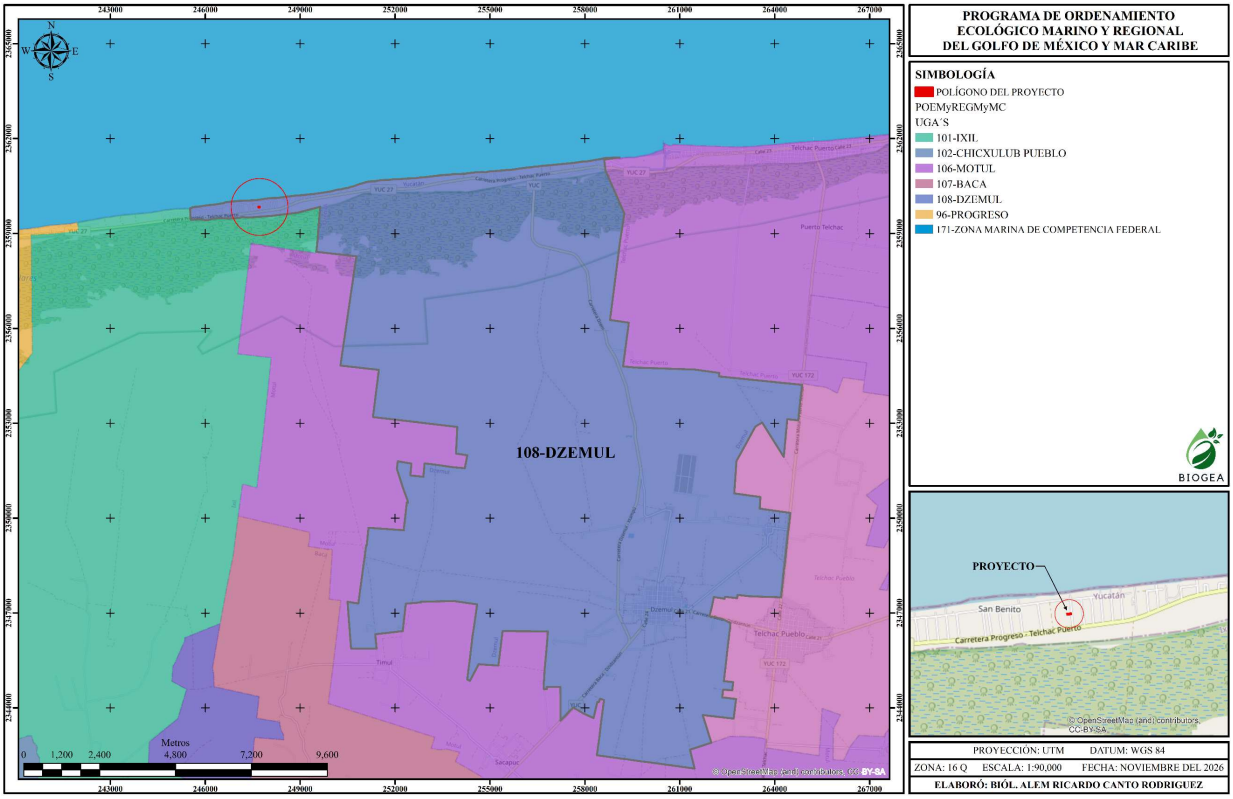


Figura II.2. Ubicación del proyecto en la unidad #108 del POEMyRGMyMC.

A esta UGA le aplican únicamente las Acciones Generales de este programa, debido a que en el área del proyecto se cuentan con 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.

ACCIONES GENERALES

Acción G001. Promover el uso de tecnologías y prácticas de manejo para el uso eficiente del agua en coordinación con la CONAGUA y demás autoridades competentes.

VINCULACIÓN*: El proyecto contará con accesorios ahorradores de agua para su etapa operativa. Para el caso de los sanitarios se contará con un sistema de WC, que permite el ahorro de agua por medio de un sistema que usa 3 litros para descargas líquidas y 6 litros para sólidos. Además, se utilizará grifería, regaderas y llaves ahorradoras. Todos estos equipos permitirán el ahorro de agua hasta del 40% de su consumo total.*

Acción G002. Promover el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos en coordinación con la CONAGUA y las demás autoridades competentes.

VINCULACIÓN: *La SEMARNAT (CONAGUA), SAGARPA y los Estados, figuran como los responsables de instrumentar esta acción, de acuerdo con el Anexo 6 del POEMyRGMyMC, por lo que dicho criterio NO APLICA al proyecto.*

Acción G003. Impulsar y apoyar la creación de UMA para evitar el comercio de especies de extracción y sustituirla por especies de producción.

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el POEMyRGMyMC, los responsables de realizar esta acción son la SEMARNAT, SAGARPA, SEDESOL, y los Estados, pues tienen las atribuciones para impulsar y autorizar el establecimiento de UMAS. De igual forma debido a que el presente proyecto trata sobre la construcción y operación de una casa de playa, el criterio no le es aplicable.*

Acción G004. Instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia y control de las actividades extractivas de flora y fauna silvestre, particularmente para las especies registradas en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010).

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el Programa, los responsables de realizar esta acción son la SEMARNAT, SAGARPA, SEMAR y los Estados, pues son sectores que cuentan con las atribuciones necesarias para instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia y control de las actividades extractivas de flora y fauna silvestre, particularmente la SEMARNAT a través de la PROFEPA. Sin embargo, para el proyecto se contempla la aplicación de Programas para la protección de flora y fauna silvestre.*

De igual forma, se implementará un Programa de Supervisión Ambiental durante las diferentes etapas del proyecto, para dar el debido cumplimiento a cada una de las medidas planteadas para disminuir o mitigar cualquier impacto al medio ambiente.

Acción G005. Establecer bancos de germoplasma, conforme a la legislación aplicable.

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el POEMyRGMyMC, los responsables de realizar esta acción son la SEMARNAT y la SAGARPA, pues cuentan con los recursos y atribuciones necesarios para su instrumentación. Un banco de germoplasma es un sitio cuyo objeto es la conservación de material biológico vegetal. De acuerdo con lo anterior y la naturaleza del proyecto, la siguiente acción no es aplicable para el proyecto, pues este consiste en la construcción y operación de una casa de playa.*

Acción G006. Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el POEMyRGMyMC, los responsables de realizar esta acción son la SEMARNAT y la SAGARPA. En su caso, el proyecto generará este tipo de emisiones durante sus diferentes etapas, sin embargo, la generación será en bajas cantidades y de manera temporal, principalmente de fuentes móviles, por el flujo vehicular y maquinaria que sea empleada durante la construcción de la vivienda unifamiliar. Por lo que se supervisará que previo a su empleo, todos los vehículos y maquinarias se encuentre en buenas condiciones mecánicas, y que se le hayan dado los mantenimientos periódicos correspondientes.*

Acción G007. Fortalecer los programas económicos de apoyo para el establecimiento de metas voluntarias para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y comercio de Bonos de Carbono.

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el Anexo 6 del POEMyRGMyMC, los responsables de realizar esta acción son la SEMARNAT y la SAGARPA, pues son los sectores que cuentan con los recursos y medios adecuados para llevar a cabo dichas acciones; de manera que este criterio NO APLICA.*

Acción G008. El uso de Organismos Genéticamente Modificados debe realizarse conforme a la legislación vigente.

VINCULACIÓN: *La institución responsable de realizar esta acción es la SEMARNAT, siendo el sector encargado de regular estas actividades. Así mismo, el proyecto no contempla el uso de organismos genéticamente modificados, por lo que este criterio no le es aplicable.*

Acción G009. Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat.

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el POEMyRGMyMC, los responsables de realizar esta acción son la SEMARNAT, SCT, SEDESOL, los Estados y los Municipios; pues son los sectores que cuentan con los recursos y medios para la construcción y operación de este tipo de infraestructura, por lo que el criterio NO APLICA. El proyecto a pesar de no ubicarse en un área de importancia para la conservación contempla el establecimiento de áreas de conservación, lo que seguirá permitiendo la conexión de la vegetación con predios colindantes, reduciendo la fragmentación del hábitat.*

Acción G010: Instrumentar campañas y mecanismos para la reutilización de áreas agropecuarias para evitar su expansión hacia áreas naturales.

VINCULACIÓN: *Los responsables de realizar esta acción son la SAGARPA, SEDESOL, SEMARNAT, los Estados y los Municipios; nunca empresas privadas o particulares. Dicho lo anterior, el presente proyecto no pretende instrumentar campañas y mecanismos para la reutilización de áreas agropecuarias, el proyecto corresponde a la construcción y operación de una casa de playa.*

Acción G011. Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas.

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el POEMyRGMyMC, los responsables de realizar esta acción son la SEMARNAT, SEDESOL, SAGARPA, SECTUR, los Estados y los Municipios, por lo tanto, son los encargados de instrumentar las medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas. Sin embargo, el presente proyecto contempla medidas de mitigación y compensación para disminuir o reducir los impactos que pudieran generarse durante las diferentes etapas del proyecto.*

Acción G012. Impulsar la ubicación o reubicación de parques industriales en sitios ya perturbados o de escaso valor ambiental.

VINCULACIÓN: *Los responsables de realizar esta acción son la SAGARPA, SEDESOL, SEMARNAT, los Estados y los Municipios. Por lo que el presente criterio NO APLICA; además el proyecto no pertenece al sector industrial; se refiere a la construcción y operación de una casa de playa, ofreciendo servicios a los usuarios que lo requieran.*

Acción G013. Evitar la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas.

VINCULACIÓN: *El proyecto consiste en la construcción y operación de una casa de playa, que tiene entre sus objetivos establecer áreas de conservación las cuales albergarán especies nativas, por lo que el proyecto en ningún momento realizará la introducción de especies invasoras o exóticas.*

Acción G014. Promover la reforestación en los márgenes de los ríos.

VINCULACIÓN: *No aplica ya que compete a la SEMARNAT, SAGARPA, a los Estados y los Municipios, promover dicha acción (Anexo 6 del POEMyRGMyMC); además el área de estudio NO se encuentra sobre márgenes de algún río. Sin embargo, es importante mencionar que el proyecto contempla llevar a cabo una reforestación con plantas nativas en las áreas propuestas para su conservación.*

Acción G015. Evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces naturales de los ríos.

VINCULACIÓN: *Compete a la SEMARNAT, SEDESOL, SAGARPA, los Estados y los Municipios, evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces naturales de los ríos. Por lo que dicho criterio NO APLICA. Además, el proyecto no se encuentra a la orilla de un cuerpo de agua natural como son los cauces de los ríos; los usos que pretende prestar el proyecto son compatibles con la zona, ya que este se ubica en una playa con uso predominante para la realización de actividades turísticas y recreativas.*

Acción G016. Reforestar las laderas de las montañas con vegetación nativa de la región.

VINCULACIÓN: *No aplica ya que compete a la SEMARNAT, SAGARPA, los Estados y los Municipios, reforestar las laderas de las montañas con vegetación nativa de la región (Anexo 6 del POEMyRGMyMC), inclusive el sitio donde se pretende desarrollar el proyecto es una región plana nula de montañas.*

Acción G017. Desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50%.

VINCULACIÓN: *El presente criterio NO APLICA ya que compete a la SEMARNAT, SAGARPA, los Estados y los Municipios, desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50% (Anexo 6 del POEMyRGMyMC); además el proyecto no contempla realizar actividades agrícolas, este tiene como finalidad la construcción de una vivienda veraniega.*

Acción G018. Recuperar la vegetación que consolide las márgenes de los cauces naturales en el ASO, de conformidad por lo dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.

VINCULACIÓN: *Compete a la SEMARNAT, SAGARPA, los Estados y los Municipios, recuperar la vegetación que consolide las márgenes de los cauces naturales en el ASO (Anexo 6 del POEMyRGMyMC). De igual forma esta acción no le compete al proyecto debido a que no hay cauces naturales en el sitio ni en el SA del proyecto.*

Acción G019. Los planes o programas de desarrollo urbano del área sujeta a ordenamiento deberán tomar en cuenta el contenido de este Programa de Ordenamiento, incluyendo las disposiciones aplicables sobre riesgo frente a cambio climático en los asentamientos humanos.

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el Programa Marino le compete a la SEMARNAT, los Estados y los Municipios tomar en cuenta el contenido de este Programa de Ordenamiento para la elaboración de los planes o programas de desarrollo urbano que correspondan. Sin embargo, en el área donde se pretende realizar el proyecto NO se cuenta con un programa de desarrollo urbano, por lo que se tomará en cuenta las restricciones del presente ordenamiento y de los que le sean aplicables.*

Acción G020. Recuperar y mantener la vegetación natural en las riberas de los ríos y zonas inundables asociadas a ellos.

VINCULACIÓN: *No aplica; ya que en esta región no hay ríos. Inclusive de acuerdo con el Programa Marino esta actividad le compete a la SEMARNAT, SAGARPA, los Estados y los Municipios recuperar y mantener la vegetación natural en las riberas de los ríos y zonas inundables asociadas a ellos.*

Acción G021. Promover las tecnologías productivas en sustitución de las extractivas.
VINCULACIÓN: *No aplica ya que el proyecto se refiere a la construcción de una vivienda unifamiliar de tipo veraniega. Compete a la SEMARNAT, SAGARPA, los Estados y los Municipios, promover las tecnologías productivas en sustitución de las extractivas (Anexo 6 del POEMyRGMyMC).*

Acción G022. Promover el uso de tecnologías productivas intensivas en sustitución de las extensivas.

VINCULACIÓN: *Compete a la SEMARNAT, SAGARPA y los Estados, el cumplimiento de esta acción (Anexo 6 del POEMyRGMyMC), así mismo el proyecto se refiere a la construcción de una vivienda unifamiliar en zona costera.*

Acción G023. Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas.

VINCULACIÓN: *No aplica ya que le compete a la SEMARNAT, SAGARPA, los Estados y los Municipios la implementación de campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas. Así mismo, para el presente proyecto, se propone la implementación de un procedimiento para el manejo de los residuos sólidos urbanos que sean generados durante las diferentes etapas del proyecto, entre ellos la colocación de botes temporales para los residuos que sean generados por el personal de obra y propietarios. Estos mismos serán rotulados y de manera temporal almacenados hasta que la empresa recolectora llegue al sitio para transportar dichos residuos y trasladarlos a un relleno sanitario o sitios autorizados con la finalidad de evitar la proliferación de plagas en el sitio de trabajo.*

Acción G024. Promover la realización de acciones de forestación y reforestación con restauración de suelos para incrementar el potencial de sumideros forestales de carbono, como medida de mitigación y adaptación de efectos de cambio climático.

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, compete a la SEMARNAT, SAGARPA, los Estados y los Municipios el promover la realización de acciones de forestación y reforestación con restauración de suelos para incrementar el potencial de sumideros forestales de carbono, como medida de mitigación y adaptación de efectos de cambio climático. Sin embargo, a pesar de que el sitio es un área perturbada por actividades antropogénicas, se contempla llevar a cabo actividades de reforestación dentro de las áreas asignadas para la conservación, promoviendo la reforestación y restauración de suelos.*

Acción G025. Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas.

VINCULACIÓN: *No aplica ya que el proyecto no pretende realizar actividades productivas, este pretende la construcción de una vivienda unifamiliar en zona costera.*

Acción G026. Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación).

VINCULACIÓN: *No aplica, ya que en el sitio y en la Región Ecológica del proyecto no se identificaron áreas útiles para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales, pues es un área urbana.*

Acción G027. Promover el uso de combustibles de no origen fósil.

VINCULACIÓN. *El proyecto se refiere a la construcción de una vivienda unifamiliar en zona costera por lo que la presente acción no le aplica. Compete a la SENER, CFE, los Estados y los Municipios el cumplimiento de esta acción (Anexo 6 del POEMyRGMyMC).*

Acción G028. Promover el uso de energías renovables.

VINCULACIÓN: *La promoción del uso de estas nuevas tecnologías no compete al presente proyecto, pues esto es el deber de la SENER, CFE, los Estados y los Municipios. Sin embargo, a pesar de que el proyecto no pertenece al sector energético, podrá contemplar en un futuro la instalación de paneles solares o cualquier otra tecnología para la generación de energías limpias (sólo en caso de contar con la inversión suficiente).*

Acción G029. Promover un aprovechamiento sustentable de la energía.

VINCULACIÓN*: Compete a la SENER, CFE, los Estados y los Municipios el cumplimiento de esta acción (Anexo 6 del POEMyRGMyMC). Sin embargo, se promoverá un aprovechamiento sustentable de la energía a través del uso de aparatos electrodomésticos certificados por su eficiencia energética.*

Acción G030. Fomentar la producción y uso de equipos energéticamente más eficientes.

VINCULACIÓN: *Compete a la SENER, CFE, los Estados y los Municipios el cumplimiento de esta acción (Anexo 6 del POEMyRGMyMC). Sin embargo, se contempla la instalación de la siguiente tecnología para el ahorro del consumo energético:*

- *Instalación de lámparas led de bajo consumo.*
- *Instalación de controles de encendido y apagado en cuartos, además del encendido y apagado del alumbrado.*
- *Instalación de interruptores de tarjeta o botonera de corte y activación de energía.*
- *Uso de aparatos electrodomésticos certificados por su eficiencia energética.*

Acción G031. Promover la sustitución a combustibles limpios, en los casos en que sea posible, por otros que emitan menos contaminantes que contribuyan al calentamiento global.

VINCULACIÓN: El proyecto se refiere a la construcción de una vivienda unifamiliar en zona costera por lo que la presente acción no le aplica. *Compete a la SENER, CFE, los Estados y los Municipios el cumplimiento de esta acción (Anexo 6 del POEMyRGMyMC).*

Acción G032. Promover la generación y uso de energía a partir de hidrógeno.

VINCULACIÓN: *No aplica. De acuerdo con el Anexo 6 del POEMyRGMyMC, compete a la SENER, CFE, los Estados y los Municipios el cumplimiento de esta acción. Además, el suministro de energía eléctrica se realizará a través de una conexión con la línea de distribución de la CFE.*

Acción G033. Promover la investigación y desarrollo en tecnologías limpias.
VINCULACIÓN: *El proyecto tiene como objetivo la construcción y operación de una casa de playa, misma que no pretende promover la investigación y desarrollo en tecnologías limpias, de manera que no le aplica dicha acción.*

Acción G034. Elaborar modelos (sistemas mundiales de zonificación agro-ecológica) que permitan evaluar la sostenibilidad de la producción de cultivos; en diferentes condiciones del suelo, climáticas y del terreno.

VINCULACIÓN: *No aplica el cumplimiento de este criterio, debido a que no es un proyecto de tipo agrícola, este proyecto tiene como finalidad la construcción de una vivienda unifamiliar en zona costera.*

Acción G035. Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones domésticas existentes.

VINCULACIÓN: *No aplica. Sin embargo, se promoverá el uso de aparatos electrodomésticos que incrementen la eficiencia energética.*

Acción G036. Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones industriales existentes.

VINCULACIÓN: *No aplica, pues se trata de la construcción y operación de una casa de playa, el cual NO pretende llevar a cabo la construcción de infraestructura de tipo industrial. Dicha acción le corresponde a la SENER, CFE, los Estados y los Municipios el cumplimiento de esta acción.*

Acción G037. Elaborar modelos (sistemas mundiales de zonificación agro-ecológica) que permitan evaluar la sostenibilidad de la producción de cultivos; en diferentes condiciones del suelo, climáticas y del terreno.

VINCULACIÓN: *No aplica el cumplimiento de este criterio, debido a que no es un proyecto de tipo agrícola; el proyecto consiste en la construcción y operación de una casa de playa. Le compete a la SEMARNAT y la SAGARPA el realizar dicha acción.*

Acción G038. Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono.

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el Anexo 6 del POEMyRGMyMC, compete a la SEMARNAT y la SAGARPA el cumplimiento de esta acción, ya que el proyecto NO pretende evaluar el potencial del suelo para la captura de carbono por lo que no le aplica dicha acción.*

Acción G039. Promover y fortalecer la formulación e instrumentación de los ordenamientos ecológicos locales en el ASO.

VINCULACIÓN: *No aplica; le compete a la SEMARNAT, los Estados y los Municipios el llevar a cabo dichas acciones, ya que son los encargados de realizar los ordenamientos ecológicos.*

Acción G040. Fomentar la participación de las industrias en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental.

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el Anexo 6 del POEMyRGMyMC, compete a la SEMARNAT y los Estados el cumplimiento de esta acción.*

Acción G041. Fomentar la elaboración de Programas de Desarrollo Urbano en los principales centros de población de los municipios.

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el Anexo 6 del POEMyRGMyMC, compete a la SEMARNAT, los Estados y los Municipio el cumplimiento de esta acción. Sin embargo, en el área del proyecto NO cuenta con un Programa de Desarrollo Urbano, por lo que el proyecto se apegará a los criterios y restricciones que este contenga este y otros programas de ordenamiento aplicables.*

Acción G042. Fomentar la inclusión de las industrias de todo tipo en el Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes (RETC) y promover el Sistema de Información de Sitios Contaminados en el marco del Programa Nacional de Restauración de Sitios Contaminados.

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, le compete a la SEMARNAT y los Estados el cumplimiento de esta acción.*

Acción G043. LA SEMARNAT, considerará el contenido aplicable de este Programa. En su participación para la actualización de la Carta Nacional Pesquera, Asimismo, lo considerará en las medidas tendientes a la protección

de quelonios, mamíferos marinos y especies bajo un estado especial de protección, que dicte de conformidad con la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable.

VINCULACIÓN: *El proyecto no pretende realizar actividades pesqueras ni acuícolas, por lo que no le aplica dicha acción. Además, para el proyecto se propone el establecimiento de un programa de acción para la protección de especies que se encuentran bajo un estado especial de conservación.*

Acción G044. Contribuir a la construcción y reforzamiento de las cadenas productivas y de comercialización interna y externa de las especies pesqueras.

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, compete a la SAGARPA, INAPESCA y SE, el cumplimiento de esta acción.*

Acción Consolidar el servicio de transporte público en las localidades nodales.

VINCULACIÓN: *Corresponde a las autoridades competentes el cumplimiento del presente criterio, pues hace referencia al servicio de transporte público.*

Acción G046. Fomentar la ampliación o construcción de infraestructuras que liberen tránsito de paso, corredores congestionados y mejore el servicio de transporte.

VINCULACIÓN: *No se trata de un proyecto de infraestructura carretera, por lo que el criterio no le aplica; además, en la zona ya existen carreteras en buen estado. De igual forma (de acuerdo con el Programa marino), le compete a la SCT, SEDESOL, Estados, Municipios el cumplimiento de dicha acción.*

Acción G047. Impulsar la diversificación de actividades productivas.

VINCULACIÓN: *Corresponde a las autoridades competentes el cumplimiento del presente criterio referido a impulsar la diversificación de actividades productivas.*

Acción G048. Instrumentar y apoyar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales.

VINCULACIÓN: *Debido a que la zona del proyecto es susceptible al paso de fenómenos hidrometeorológico, se deberán suspender todas las actividades, adoptando las medidas dictadas por la dirección de protección civil, quienes son los responsables de instrumentar y apoyar dichas campañas de prevención.*

Acción G049. Fortalecer la creación o consolidación de los comités de protección civil.

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el Anexo 6 del POEMyRGMyMC, compete a la SEDESOL, SEGOB, los Municipios y el Estado el cumplimiento de esta acción.*

Acción G050. Promover que las construcciones de las casas habitación sean resistentes a eventos hidrometeorológicos.

VINCULACIÓN: *Los materiales con los que se pretende construir la vivienda veraniega, serán resistentes a las adversidades meteorológicas, dando cumplimiento a lo referido en esta acción.*

Acción G051. Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos.

VINCULACIÓN: *Previo al inicio de actividades se impartirá una capacitación a los trabajadores de la obra, en las que se considera la concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y residuos peligrosos (en caso de generarse); además el proyecto cuenta con un manual de procedimientos para el manejo de residuos sólidos (Ver anexo 5) que promoverá la separación de la basura a través de la instalación de contenedores rotulados y cerrados.*

Acción G052. Implementar campañas de limpieza, particularmente en asentamientos suburbanos y urbanos (descacharrización, limpieza de solares, separación de basura, etc.).

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el Anexo 6 del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, el cumplimiento de esta acción compete a la secretaria de Salud (SSA) y el Municipio. Sin embargo, dentro del polígono del proyecto se contempla la limpieza periódica del sitio, con el objeto de mantener en óptimas condiciones todas las instalaciones, evitando el mal manejo de los residuos sólidos urbanos que sean generados por el personal en obra.*

Acción G053. Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas.

VINCULACIÓN: *Será obligatorio el uso de sanitarios portátiles durante la preparación de sitio y construcción del proyecto, cuyo mantenimiento corre a cargo de la misma empresa arrendadora, la cual se encargará de su disposición final. Para la etapa operativa las aguas residuales (grises y negras) se direccionan a un sistema de tratamiento de aguas residuales SITAR DLD14, con el cual se pretende dar un tratamiento adecuado a las aguas que se generen durante la operación del proyecto.*

Acción G054. Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas.

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el POEMyRGMyMC, el cumplimiento de esta acción compete a la SEMARNAT, los Estados y los Municipios. Así mismo no aplica, ya que el presente proyecto no pertenece al sector Industrial. Sin embargo, para la etapa operativa las aguas residuales (grises y negras) se direccionan hacia un sistema de tratamiento SITAR DLD14 con capacidad de 1,300 L al día, el cual les dará un tratamiento a las aguas, a fin de que cumplan con los límites establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996, "Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales". La instalación sanitaria será subterránea y se instalará con tuberías y accesorios de PVC sanitario, descargando al sistema.*

Acción G055. La remoción parcial o total de vegetación forestal para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, o para el aprovechamiento de recursos maderables en terrenos forestales y preferentemente forestales, sólo podrá llevarse a cabo de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y demás disposiciones jurídicas aplicables.

VINCULACIÓN: *No aplica, debido a que el proyecto no se pretende realizar en un terreno forestal de acuerdo a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.*

Acción G056. Promover e impulsar la construcción y adecuada operación de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, peligrosos o de manejo especial de acuerdo a la normatividad vigente.

VINCULACIÓN: *No aplica este criterio, ya que el proyecto no pretende la construcción y operación de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, peligrosos o de manejo especial, esta trata de la construcción de una vivienda unifamiliar en zona costera.*

Acción G057. Promover los estudios sobre los problemas de salud relacionados con los efectos del cambio climático.

VINCULACIÓN: *El proyecto se refiere a la construcción de una vivienda unifamiliar en zona costera, por lo tanto, dicha acción no le aplica. De acuerdo con el Anexo 6 del Programa Marino, el cumplimiento de este criterio le compete a la SSA y los Estados.*

Acción G058. La gestión de residuos peligrosos deberá realizarse conforme a lo establecido por la legislación vigente y los lineamientos de la CICOPLAFEST que resulten aplicables.

VINCULACIÓN: *De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, el cumplimiento de esta acción compete a la SEMARNAT y los Estados. Sin embargo, se deberá tomar en cuenta la legislación ambiental vigente para un mejor manejo, minimización y gestión de residuos. Así mismo deberá realizar cada una de las actividades propuestas en el procedimiento de manejo de residuos.*

Acción G059. El desarrollo de infraestructura dentro de un ANP, deberá ser consistente con la legislación aplicable, el Programa de Manejo y el Decreto de creación correspondiente.

VINCULACIÓN: *No se pretende desarrollar infraestructura dentro de alguna ANP, por lo que este criterio NO le aplica.*

Acción G060. Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida.

VINCULACIÓN: *No se trata de un proyecto que implique la construcción de infraestructura costera sobre vegetación acuática sumergida, de manera que este criterio NO le aplica al proyecto.*

Acción G061. La construcción de infraestructura costera se deberá realizar con procesos y materiales que minimicen la contaminación del ambiente marino.

VINCULACIÓN: *No se realizarán obras que contaminen el ambiente marino. Para esto se proponen medidas con el fin de prevenir o mitigar impactos al medio, como el adecuado tratamiento de las aguas residuales, buen manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligroso, etc. Todas estas acciones serán llevadas de acuerdo con lo descrito en el manual de manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo de residuos peligrosos, así como el procedimiento de supervisión ambiental.*

Acción G062. Implementar procesos de mejora de la actividad agropecuaria y aplicar mejores prácticas de manejo.

VINCULACIÓN: *No se trata de un proyecto que implique actividades agropecuarias por lo que este criterio no es aplicable. De acuerdo con el Anexo 6 del POEMyRGMyMC, el cumplimiento de esta acción compete a la SAGARPA.*

Acción G063. Promover la elaboración de ordenamientos pesqueros y acuícolas a diferentes escalas y su vinculación con los ordenamientos ecológicos.

VINCULACIÓN: *No se trata de un proyecto que implique actividades pesqueras y/o acuícolas por lo que este criterio no es aplicable. De acuerdo con el Anexo 6 del POEMR, el cumplimiento de esta acción compete a la INAPESCA y la SAGARPA.*

Acción G064. La construcción de carreteras, caminos, puentes o vías férreas deberá evitar modificaciones en el comportamiento hidrológico de los flujos subterráneos o superficiales o atender dichas modificaciones en caso de que sean inevitables.

VINCULACIÓN: *No se trata de un proyecto de infraestructura carretera, por lo que el criterio no le aplica, en la zona existe vialidades de acceso al predio que se encuentran en buen estado.*

Acción G065. La realización de obras y actividades en Áreas Naturales Protegidas, deberá contar con la opinión de la Dirección del ANP o en su caso de la Dirección Regional que corresponda, conforme lo establecido en el Decreto y Programa de Manejo del área respectiva.

VINCULACIÓN: *No se trata de un proyecto que se localice dentro de un ANP, se encuentra cercano a la Reserva Estatal Ciénegas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán, situación que motivo a mantener áreas de conservación dentro del polígono del proyecto, con el fin de no modificar o afectar el suelo, vegetación y de esta manera contribuir en la permanencia de fauna silvestre.*

Po último es relevante mencionar de nueva cuenta, que de acuerdo con lo descrito en el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe y debido a que el proyecto cae dentro de una zona considerada por el Programa de Ordenamiento Territorial Costero del Estado de Yucatán (POETCY), NO se vinculará con las Acciones Específicas del POEMyRGMyMC.

Tabla II.4. Criterios de Regulación Ecológica de la Zona Costera Inmediata del Canal de Yucatán.

CLAVE	CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	
ZCY-01	**Criterio**	**Dado que los pastos marinos representan importantes ecosistemas para la fauna marina, debe promoverse su conservación y preservación, por lo que se debe evitar su afectación y pérdida en caso de alguna actividad o proyecto. En todo caso, los estudios de impacto ambiental de obras y actividades en esta zona, deberán considerar estudios que demuestren la no afectación y pérdida de estos ecosistemas.**
	Vinculación	*El proyecto no pretende la afectación de áreas marinas, el proyecto no se encuentra en primera línea costera ni la afectación de áreas marinas, por lo que*

CLAVE	CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	
		los pastos marinos no serán afectados por la implementación del proyecto.
ZCY-02	**Criterio**	**Sólo se permitirá la captura de mamíferos marinos, aves y reptiles para fines de investigación, rescate y traslado con fines de conservación y preservación, conforme a lo dispuesto en la Ley General de Vida Silvestre y en las demás disposiciones jurídicas aplicables.**
	Vinculación	*No es el objetivo del presente proyecto la captura de mamíferos marinos, aves y reptiles. Sin embargo, tal y como lo menciona el presento criterio, únicamente se considera un Programa de acción para la protección de flora y fauna silvestre (**anexo 6**) que establece acciones de rescate y reubicación de especies hacia sitios más conservados.*
ZCY-03	**Criterio**	**La recolección, remoción o trasplante de organismos vivos o muertos en las zonas arrecifales u otro ecosistema representativos como las praderas de pastos marinos, para fines científicos de conservación y preservación, sólo se podrán llevar a cabo en términos de lo dispuesto en la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.**
	Vinculación	*No aplica, no es objetivo del proyecto la recolección, remoción o trasplante de organismos vivos o muertos en las zonas arrecifales, además de que el proyecto no presenta este tipo de ecosistemas.*
ZCY-04	**Criterio**	**La construcción de estructuras promotoras de playas deberá estar avaladas por las autoridades competentes y contar con los estudios técnicos y específicos que la autoridad requiera para este fin.**
	Vinculación	*El proyecto no requiere de estructuras promotoras de playas, por lo que no se contempla su construcción.*
ZCY-05	**Criterio**	**Como una medida preventiva para evitar la contaminación marina debe evitarse el vertimiento de hidrocarburos y otros residuos peligrosos a los cuerpos de agua.**
	Vinculación	*El proyecto no contempla el uso de hidrocarburos, sin embargo, se contempla el uso adecuado de todo tipo de residuos (incluyendo los peligrosos), en el **Anexo 5** se presentan procedimientos para ello.*
ZCY-06	**Criterio**	**Con el objeto de coadyuvar en la preservación de las especies de tortugas que año con año arriban en esta zona costera, es recomendable que las actividades recreativas marinas eviten llevarse a cabo entre el ocaso y el amanecer, esto en la temporada de anidación, principalmente en aquellos sitios de mayor incidencia de dichas especies.**
	Vinculación	*El proyecto no pretende llevar a cabo actividades recreativas marinas que pudieran afectar a las especies de tortugas, pues en el sitio no se observan incidencias del albergue de esta especie durante la temporada de anidación. No obstante, se informará al promovente de no realizar actividades que pudieran ocasionar daño o afectación a estos organismos.*
ZCY-07	**Criterio**	**Con el objetivo de preservar las comunidades arrecifales en la zona, es importante que cualquier actividad que se lleve a cabo en ellos y su zona de influencia estén sujetas a permisos avalados que garanticen que dichas actividades no tendrán impactos adversos sobre los valores naturales o**

CLAVE	CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	
		culturales de los arrecifes, con base en estudios específicos que determinen la capacidad de carga de los mismos.
	Vinculación	*No aplica este criterio, ya que el proyecto no realizará actividades en zona marina, por lo que no afectará a las comunidades arrecifales.*
ZCY-08	**Criterio**	**Con el fin de prevenir la contaminación y deterioro de las zonas marinas, es recomendable la difusión de las normas ambientales correspondientes en toda actividad náutica en la zona.**
	Vinculación	*La difusión de normas ambientales náuticas corresponde a las autoridades. Sin embargo, a pesar de que el proyecto no pretende realizar algún tipo de actividades náuticas, pretende prevenir la contaminación o deterioro de las zonas marinas a través de diferentes medidas preventivas y de mitigación las cuales se describen en el capítulo VI.*
ZCY-09	**Criterio**	**Se requerirá para las actividades relacionadas con canalizaciones o dragados, debidamente autorizadas, que se usen mallas geotextiles y otras tecnologías que eviten la suspensión y dispersión de sedimentos, en el caso de que exista el riesgo de que se afecten o resulten dañados recursos naturales por estas obras.**
	Vinculación	*El proyecto corresponde a la construcción y operación de una vivienda unifamiliar de segunda residencia, por lo que no le aplica el presente criterio. Corresponde a las autoridades el fortalecer los mecanismos de control de emisiones y descargas.*
ZCY-10	**Criterio**	**Los proyectos relacionados con muelles de gran tamaño (para embarcaciones mayores de 500 TRB [Toneladas de Registro Bruto] y/o 49 pies de eslora), deberán evitar la afectación de los procesos de transporte litoral, la calidad del agua marina y de las comunidades marinas presentes en la zona.**
	Vinculación	*Este criterio no le aplica al proyecto, ya que no es un proyecto relacionado con la construcción de muelles o uso de embarcaciones. Este tiene como objetivo la construcción de una vivienda veraniega en zona costera.*
ZCY-11	**Criterio**	**Las embarcaciones utilizadas para la pesca comercial o deportiva deberán portar los colores y claves distintivas asignadas por la Comisión Nacional de Pesca y Acuacultura, en los Lineamientos para los Mecanismos de Identificación y Control del Esfuerzo Pesquero, así como el permiso de pesca correspondiente.**
	Vinculación	*No aplica, el proyecto pretende llevar a cabo la construcción de una vivienda unifamiliar, misma que no requerirá de embarcaciones ni realizará actividades de pesca comercial.*
ZCY-12	**Criterio**	**Por las características de los efluentes subterráneos de los sistemas asociados a la zona norte de la Península de Yucatán y por la importancia que revisten los humedales como mecanismo de protección del ecosistema marino ante el arrastre de contaminantes de origen terrígeno, se recomienda en las UGA Regionales correspondientes (UGA:96, UGA:101, UGA:108, UGA:106, UGA:113, y UGA:116) estudiar la factibilidad y promover la creación de**

CLAVE	CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	
		áreas de protección mediante políticas, estrategias y control de uso del suelo en esquemas como los Ordenamientos Ecológicos locales o mediante el establecimiento de ANP federales, estatales, municipales, o áreas destinadas voluntariamente a la conservación que actúen de manera sinérgica para conservar los atributos del sistema costero colindante y contribuyan a completar un corredor de áreas protegidas sobre toda la zona costera del Golfo de México, en particular para mantener o restaurar la conectividad de los sistemas de humedales de la Península de Yucatán.
	Vinculación	*Corresponde a las autoridades el cumplimiento de este criterio, no obstante, el proyecto se vincula más adelante el POETCY, que es el instrumento que regula la zona costera del estado de Yucatán.*

II.3.3. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO DE YUCATÁN (POETY, DECRETO 692/2023)

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY) es un instrumento de planeación jurídica, basado en información técnica y científica, que determina esquemas de regulación de la ocupación territorial maximizando el consenso entre los actores sociales y minimizando el conflicto sobre el uso del suelo. Mediante dicho ordenamiento se establece una serie de disposiciones legales con el fin de inducir al empleo de mecanismos de participación pública innovadores, así como al uso de técnicas y procedimientos de análisis El Ordenamiento Ecológico Territorial del estado de Yucatán (POETY), es un instrumento de planeación, cuyo objetivo es el de "regular e inducir el uso racional del suelo y el desarrollo de las actividades productivas para lograr la protección y conservación de los recursos naturales". El decreto de este ordenamiento Estatal fue publicado en el mes de julio de 2007. Dicho programa es un instrumento de planeación jurídico, basado en información técnica y científica, que determina esquemas de regulación de la ocupación territorial maximizando el consenso entre los actores sociales y minimizando el conflicto sobre el uso del suelo. Mediante dicho ordenamiento se establece una serie de disposiciones legales con el fin de inducir al empleo de mecanismos de participación pública innovadores, así como al uso de técnicas y procedimientos de análisis geográfico, integración de información y evaluación ambiental, proceso que requiere del desarrollo de nuevas capacidades de gestión y evaluación ambiental en los tres órdenes de gobierno.

En otras palabras, el POETY, se establece el "Modelo de Desarrollo Territorial" o "Modelo de Ocupación del Territorio" para el Estado de Yucatán, con base en criterios de racionalidad y de equilibrio entre la eficiencia ecológica y el desarrollo económico-social del sistema territorial. Es indispensable señalar que la zona no representa un corredor biológico de interés o relevante, ya que la disminución de cobertura vegetal o sitios de probable ocupación por fauna silvestre han sido impactadas por las actividades agrícolas de la zona (cultivo de henequén en décadas anteriores) y por actividades de pastoreo de ganado, conformando una discontinuidad importante en la estructura del suelo, la remoción de la cobertura vegetal, la distinta conformación del terreno natural de la zona, así como que esta zona está dentro de una área urbanizada.

La elaboración del modelo de ordenamiento considera la propuesta de uso y aprovechamiento que se desea dar al territorio, y se expresa en los mapas de políticas y modelo de uso y aprovechamiento del mismo en donde ubican las unidades de gestión territorial.

Cada una de las unidades de gestión territorial reconocidas para el estado de Yucatán tiene asignadas de manera explícita políticas territoriales y criterios de uso y manejo. Las políticas asignadas son las siguientes:

I. Protección.
II. Conservación.
III. Restauración.
IV. Aprovechamiento.

Con base en lo anterior, se establece un Modelo del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán que incluye la zonificación funcional o propuesta de usos para el territorio, acorde con sus potencialidades y limitantes, el esclarecimiento de la intensidad de dicha utilización y el sistema de políticas y criterios ambientales de aprovechamiento, protección, conservación y restauración que garanticen la explotación racional y la conservación a mediano y largo plazo de los recursos naturales y humanos en cada región del territorio.

El establecimiento del modelo considera la gestión de protección de los recursos naturales, al asignarle a cada área un valor funcional determinado y un régimen de explotación y transformación que lleva implícito medidas de conservación de los diferentes recursos. Al mismo tiempo, su construcción refleja el deseo manifiesto de trabajar por la disminución de las desigualdades socioespaciales y el incremento sostenido de la calidad de vida de la población residente en el Estado.

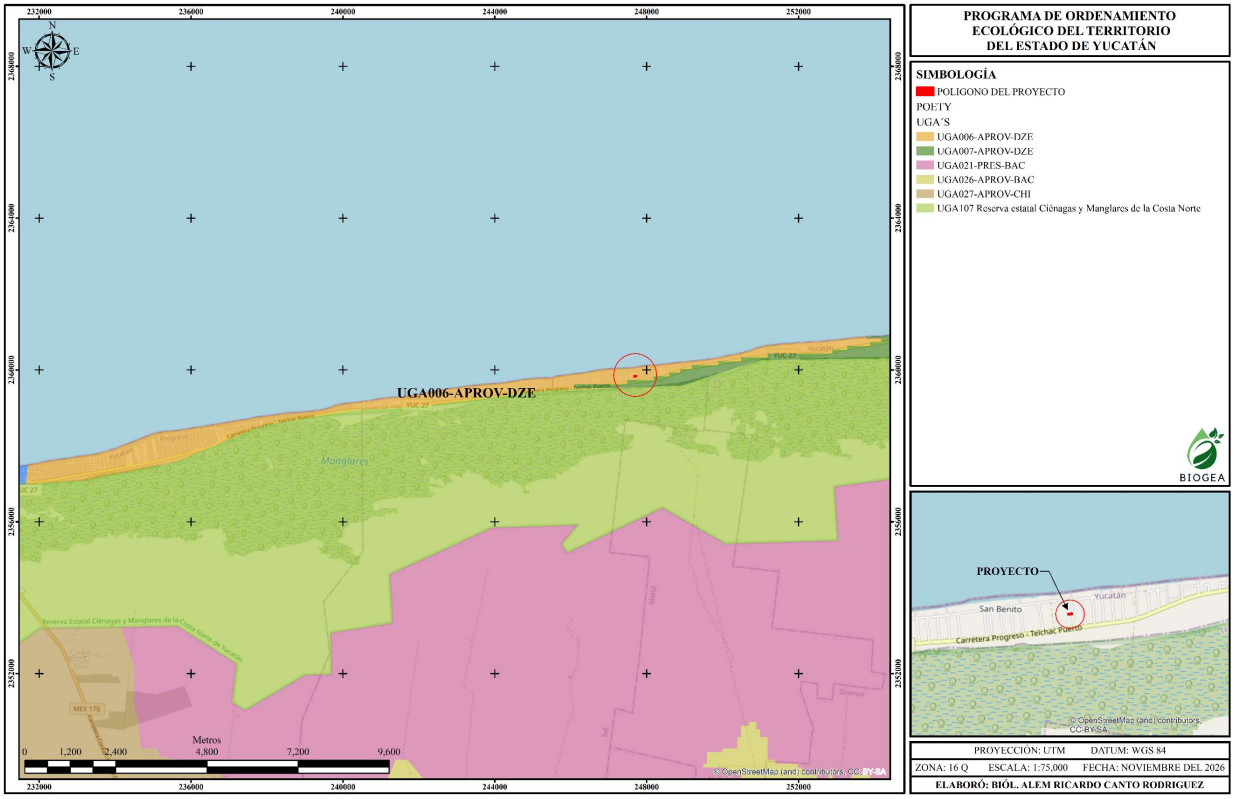
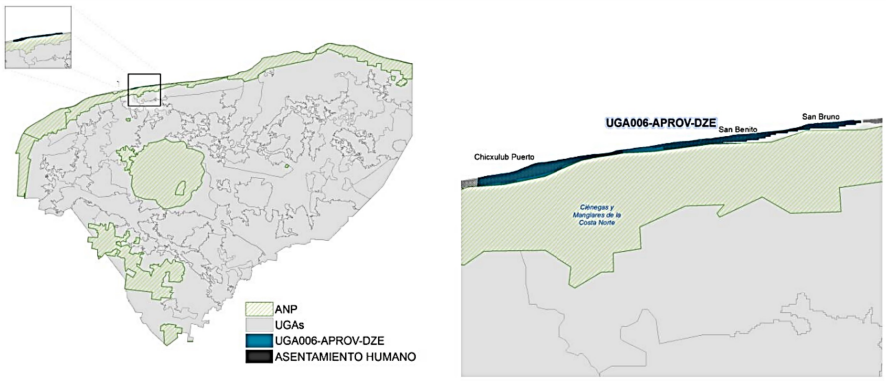


Figura II.3. Ubicación del proyecto respecto a las UGA's del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Yucatán.

Tabla II.5. Unidades de Gestión Ambiental donde se ubica el proyecto.

Clave UGA	UGA006
Nombre	UGA006-APROV-DZE
Área	8.41 km^2
Políticas	Aprovechamiento sustentable



LINEAMIENTOS AMBIENTALES

El lineamiento ambiental corresponde a la meta o el enunciado general que refleja el estado deseable de la UGA.

Tabla II.6. Lineamiento ambiental de la UGA donde se ubica el proyecto.

NO.	UGA	LINEAMIENTO AMBIENTAL DE LA UGA
006	UGA006 APROV-DZE	Propiciar el aprovechamiento sustentable de 0.015 km^2 para el desarrollo de las actividades compatibles.

DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL

La información descriptiva de las unidades de gestión ambiental, respecto a las condiciones actuales de su tipo de vegetación, condiciones ambientales, así como la política, lineamientos, estrategias y criterios aplicables, se presentan en forma de fichas. Cada UGA cuenta con su propia ficha, las cuales se encuentran en el documento anexo al presente decreto.

Tabla II.7. Unidades de Gestión Ambiental donde se ubica el proyecto.

CLAVE UGA	NOMBRE UGA	POLÍTICA	USOS COMPATIBLES	USOS CONDICIONADOS	USOS INCOMPATIBLES
UGA 006	UGA 006-APROV-DZE	Aprovechamiento sustentable	1, 2, 19, 20	6, 9, 11, 17, 18	3, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16

Tabla II.8. Criterios de regulación ecológica de la UGA donde se ubica el proyecto.

NOMBRE UGA	MATRIZ DE COMPATIBILIDADES	CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA
UGA 006-APROV-DZE	Criterios Generales	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
	Asentamientos humanos (Condicionado)	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15

***Asentamientos humanos:** Se refiere al establecimiento de nuevos centros poblacional en zonas donde sea factible el aprovechamiento de la infraestructura y servicios actuales, y se contenga la expansión urbana desordenada.

ESTRATEGIAS ECOLÓGICAS SECTORIALES

Tabla II.9. Estrategias ecológicas sectoriales

No.	USO DE SUELO	ESTRATEGIAS SECTORIALES COMPATIBLES
1	Acuacultura de agua dulce	Garantizar la sustentabilidad del recurso hídrico a través de la reducción de consumo, el tratamiento de aguas residuales y su reutilización.
2	Acuacultura salobre	Garantizar la sustentabilidad del recurso hídrico a través de la reducción de consumo, el tratamiento de aguas residuales y su reutilización en el proceso productivo.
19	Turismo de naturaleza	Promover la realización de actividades que no requieran cambio de uso de suelo de terrenos forestales. Utilizar materiales de la región en la construcción de instalaciones de apoyo. Promover el turismo de naturaleza sin sobrepasar la capacidad de carga turística del sitio.
20	Turismo de sol y playa	Promover la realización de actividades y obras turísticas en ecosistemas costeros que mantengan el estado natural de la vegetación de dunas costeras y humedales.

No.	USO DE SUELO	ESTRATEGIAS SECTORIALES CONDICIONADAS
6	*Asentamientos humanos*	*Promover el uso urbano en zonas con baja vulnerabilidad a riesgos climáticos. Realizar la gestión y el manejo integral de los residuos, de acuerdo con la normatividad. Todo sitio para la ubicación de rellenos sanitarios locales o regionales deberá contar con un estudio específico que establezca criterios ecológicos para la selección del sitio, la construcción, la operación y la etapa de abandono del mismo, así como las medidas de mitigación del impacto al manto freático y la alteración de la vegetación presente.*
9	Forestal	Promover el aprovechamiento maderable y no maderable a través de programas de manejo forestal sustentable. Promover el uso de especies productivas nativas que sean adecuadas para los suelos, considerando su potencial. Utilizar de forma sustentable de los recursos naturales mediante tasas que no excedan su capacidad de renovación
11	Infraestructura	Asegurar la dotación de servicios necesarios para los asentamientos humanos, comunidades rurales y sectores productivos.
17	Pesca	Promover el fortalecimiento de la infraestructura para el acopio y procesamiento de productos.
18	Turismo convencional	Promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en el desarrollo de actividades y obras turísticas, priorizando en el aprovechamiento de terrenos preferentemente forestales sobre los forestales y asegurando la dotación de servicios básicos como agua, saneamiento y manejo de residuos. Mantener áreas de conservación con vegetación natural que permitan la conectividad con los predios colindantes.

No.	USO DE SUELO	ESTRATEGIAS SECTORIALES INCOMPATIBLES
3	Agricultura tecnificada	Promover la actividad preferentemente en zonas no forestales, a fin de reducir el cambio de uso de suelo. Reducir la utilización de agroquímicos en los sistemas de producción, favoreciendo técnicas ecológicas y de control biológico.
7	Energía eólica	Promover el aprovechamiento de energía eólica a fin de disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el Estado.
8	Energía fotovoltaica	Promover el aprovechamiento de energía fotovoltaica a fin de disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el Estado.
10	Industrial	Garantizar la sustentabilidad del recurso hídrico a través de la reducción de consumo, el tratamiento de aguas residuales y su reutilización. Realizar la gestión y el manejo integral de los residuos, de acuerdo a la normatividad.
12	Milpa maya	Promover la implementación de prácticas agroecológicas en la milpa. Reducir la utilización de agroquímicos en los sistemas de producción, favoreciendo técnicas ecológicas y de control biológico.
13	Minería no metálica	Promover la actividad preferentemente en zonas no forestales, a fin de reducir el cambio de uso de suelo, e implementar acciones de restauración al término de la actividad extractiva. Aprovechar únicamente las zonas costeras aptas para la extracción de sal.
14	Pecuario bovino	Promover sistemas silvopastoriles que contribuyan al aprovechamiento

No.	USO DE SUELO	ESTRATEGIAS SECTORIALES INCOMPATIBLES
		de alimento animal, captura de carbono y mantener la cobertura vegetal sobre el suelo evitando su erosión.
15	Pecuario avícola	Promover el aprovechamiento de subproductos con posibilidad de emplearse como mejoradores de suelo.
16	Pecuario porcino	Promover el manejo integral de residuos sólidos y líquidos que genera la actividad, así como la reducción de las emisiones de GEI asociadas.

Vinculación: *De acuerdo con los usos de suelos compatibles, condicionados y no compatibles en esta UGA, la actividad de este proyecto relacionada con los ASENTAMIENTOS HUMANOS al tratarse de la construcción de una vivienda está considerada como una ESTRATEGIA ECOLÓGICA SECTORIALES CONDICIONADA, por lo que la ejecución del proyecto no se contrapone con los usos del POETY si se toman en consideración las restricciones establecidas.*

De hecho, la obra a establecer a través de este proyecto es de gran importancia ya que contribuirá a la generación de empleos y servicios de la localidad y el municipio; por lo que se puede indicar que es totalmente compatible con el uso destinado para la UGA.

El proyecto que nos ocupa adicionalmente propondrá acciones ambientales que conlleven a la conservación y a la protección de ecosistemas a través de la permanencia de biodiversidad representativa (rescate y reubicación de fauna silvestre) y áreas sin proyecto (áreas de conservación con suelo natural) que permitirán la continuidad en los servicios ambientales que se prestan en la región.

A continuación, se realiza un análisis de cada uno de los criterios y recomendaciones contenidas para la ***UGA-006-APROV-DZE.***

CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA GENERALES

Criterio 1. Todo proyecto, obra o actividad que genere aguas residuales, deberá contar con un sistema de drenaje y un sistema de tratamiento de aguas residuales o sistemas alternativos que cumplan con la normatividad aplicable previo a la disposición de aguas residuales. En todos los casos, el drenaje pluvial y el sanitario deberán estar separados.

Vinculación: *El proyecto pretende dar cumplimiento a este criterio mediante el establecimiento de una red de tuberías sanitarias que conducirán las aguas residuales de origen doméstico hacia un Sistema Individual de Tratamiento de Aguas Residuales (SITAR), modelo DLD14®, con una capacidad nominal de tratamiento de 1,300 litros por día (1.3 m³/día), el cual será instalado durante la etapa de operación. Este sistema prefabricado está integrado por dos módulos de polietileno de alta densidad, con capacidades de 720 y 580 litros, respectivamente, y funciona mediante un proceso de tratamiento biológico anaerobio, con intervención de microorganismos BIODLD®, complementado con etapas de sedimentación y separación de sólidos. Su funcionamiento comprende cuatro etapas sucesivas que permiten la retención de sólidos sedimentables y favorecen la degradación biológica de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Una vez concluido el tratamiento, el efluente será conducido al mecanismo de disposición final previsto para el proyecto, cuya viabilidad deberá sustentarse en las condiciones físicas e hidrogeológicas del sitio, considerando particularmente la permeabilidad y estratigrafía del*

suelo, así como la profundidad del nivel freático, a fin de prevenir posibles afectaciones al suelo y al acuífero. Asimismo, se contempla que el sistema reciba mantenimiento periódico y que los lodos y residuos generados durante su operación sean manejados y dispuestos adecuadamente, conforme a las especificaciones técnicas del fabricante y las disposiciones ambientales aplicables. Para mayor detalle sobre las características, componentes y funcionamiento del sistema de tratamiento propuesto, véase el anexo 7 de este estudio.

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción se utilizarán sanitarios portátiles, la empresa contratante será la responsable del mantenimiento y la disposición de las aguas residuales.

Criterio 2. Todo proyecto, obra o actividad que genere residuos sólidos urbanos (RSU), deberán contar con la infraestructura apropiada y con un programa de manejo integral para su recolección, tratamiento o disposición final, ya sea por cuenta propia, contratación de servicios especializados o a través de los servicios públicos municipales.

Vinculación: *El proyecto no dará disposición final a ningún tipo de residuos dentro del área; se contará con un procedimiento de manejo de residuos sólidos urbanos y residuos peligrosos para verificar su adecuada gestión, esto como parte de las medidas de mitigación para evitar la contaminación del suelo y del agua de la región (Ver Anexo 5 de este manifiesto de impacto ambiental). Todos los residuos que sean generados durante las diferentes etapas del proyecto serán almacenados temporalmente en contenedores debidamente rotulados, para que posteriormente una empresa o en su defecto el municipio se encargue de su recolección y disposición final, para demostrar tal acción se deberá contar con un contrato de recolección de residuos. De no ser el caso el promovente y el encargado de la obra del proyecto deberán trasladar dichos residuos a un sitio autorizado para disposición final. Para verificar esta actividad se deberá contar con los recibos, facturas o notas correspondientes que se expiden al transportar los residuos y disponerlos a un sitio autorizado.*

Criterio 3. Todo proyecto, obra o actividad que generen residuos de manejo especial, deberán reportar su generación y estrategias de manejo a la dependencia estatal de conformidad con la Ley de Protección al Medio Ambiente del Estado de Yucatán.

Vinculación: *El proyecto durante la construcción genera residuos de manejo especial procedentes de los excedentes de la construcción, por lo cual este deberá realizar el trámite de Evaluación y Resolución de Licencia Ambiental Única como generador de residuos de manejo especial ante la secretaria de Desarrollo Sustentable.*

Criterio 4. Todo proyecto, obra o actividad que requieran el abastecimiento de agua subterránea quedarán supeditas a que se demuestre que no se afecta la disponibilidad ni la calidad del agua del acuífero mediante la presentación estudios que determinen los niveles estáticos, la profundidad del manto salino, la velocidad de saturación del suelo, los flujos y el aforo de extracción de agua. Así mismo deberá indicar el número de pozos de extracción necesarios para el proyecto y su distribución en el predio, el volumen de agua requerido en m^3/día y las velocidades de extracción en L/s de cada pozo.

Vinculación: *El predio actualmente no cuenta con abastecimiento de agua a través de alguna interconexión de red municipal por lo que una vez que se apruebe el presente proyecto, se pretende obtener los permisos necesarios para el abastecimiento de agua a través de un pozo de extracción.*

Criterio 5. Todo proyecto, obra o actividad deberá determinar la presencia de oquedades, las cuales se deberán excluir de las áreas aprovechables con el objeto de reducir la vulnerabilidad ante derrumbes de zonas cavernosas.

Vinculación: *En el predio donde se pretende llevar a cabo el proyecto no se observan oquedades o cavernas que pudieran ser consideradas como un riesgo por las actividades del proyecto y que pudieran causar algún derrumbe o hundimiento.*

Criterio 6. Todo proyecto, obra o actividad deberá determinar la presencia de zonas inundables, las cuales se deberán excluir de las áreas aprovechables con el objeto de reducir la vulnerabilidad ante efectos climáticos.

Vinculación: *De acuerdo al Atlas Nacional de Riesgo por Inundación del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y al Grado de riesgo por inundaciones por municipio de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la zona donde se ubica el polígono del proyecto es considerada como una zona Media-Alta a los riesgos por inundación, esto debido principalmente a que la península de Yucatán se encuentra en una zona propensa a la afectación por fenómenos hidrometeorológicos como lo son los ciclones tropicales y huracanes. Es por esto por lo que el proyecto tomará las medidas necesarias para que las construcciones sean realizadas con las mejores técnicas y materiales resistentes ante cualquier emergencia climática.*

Criterio 6. Los proyectos que incluyan la construcción de caminos, carreteras y estacionamientos deberán integrar un sistema de drenes adecuados y suficientes que permitan el flujo natural del agua y considerar la viabilidad de utilizar materiales permeables para minimizar los impactos a la infiltración natural.

Vinculación: *El proyecto no contempla la construcción de un sistema de drenaje pluvial ya que no pretende construir caminos o carreteras. Por su parte algunas de las obras del proyecto como andadores no serán sellados, permanecerá con suelo compactado, por lo que el área mantendrá un drenaje adecuado. De igual forma cabe señalar que el proyecto promoverá la permanencia de áreas de conservación que fungirá como un sitio para que el agua se infiltre de manera natural al manto acuífero.*

Criterio 7. Todo proyecto, obra o actividad que se pretenda realizar en terrenos que presenten vegetación forestal, deberán mantener los parches mejor conservados, fomentar la creación de franjas de vegetación para mejorar la conectividad, disminuir la fragmentación y funcionar como corredor biológico.

Vinculación: *El predio no presenta vegetación forestal, sin embargo, como parte de las medidas contempladas para el desarrollo del proyecto se ha destinado dos áreas específicas para su conservación, estas fueron asignadas ya que cuentan con la vegetación mejor desarrollada incluyendo especies nativas de importancia, las cuales permanecerán libres de infraestructura que pudieran alterar sus condiciones naturales. Estas superficies de conservación tendrán como finalidad contribuir a la preservación de los elementos de vegetación existentes, así como proporcionar espacios que favorezcan el establecimiento, refugio, alimentación y desplazamiento de la fauna silvestre que pudieran encontrarse en el sitio y sus inmediaciones.*

La conservación de estas áreas permitirá mantener espacios con condiciones ambientales favorables para el desarrollo de los procesos ecológicos locales, contribuyendo a reducir la fragmentación del hábitat, conservar la cobertura vegetal y mantener la conectividad ecológica dentro del predio.

Además, fungirán como corredores de vegetación indispensables tanto para mantener la biodiversidad vegetal, así como de la fauna silvestre que en su momento pueda hacer uso de estas áreas.

Criterio 8. Todo proyecto, obra o actividad que requiera la realización de excavación como parte de su proceso construcción, deberá contemplar medidas de mitigación para reducir afectaciones por el material extraído, como puede ser su reutilización en las propias actividades constructivas.

Vinculación: *En dado caso que haya material sobrante producto de la construcción este será dispuesto en un sitio autorizado o donde las autoridades competentes lo determinen.*

Criterio 9. Todo proyecto, obra o actividad deberá privilegiar su desarrollo en terrenos eriales y preferentemente forestales y en última instancia sobre terrenos forestales previa autorización de la autoridad competente.

Vinculación: *El proyecto será construido en un predio urbano el cual no cuenta con vegetación forestal, el área ha sido afectada mucho tiempo atrás modificando la composición vegetal a un sitio dominado por especies herbáceas, por lo tanto, no requiere de la autorización para el cambio de uso de suelo.*

Criterio 10. Todo proyecto, obra o actividad que se pretenda desarrollar en un predio, deberá identificar y caracterizar los humedales (cenotes, poljes, uvalas, cuevas, grutas, humedales costeros) que se encuentren en su interior, con lo cual deberá establecer las medidas necesarias para evitar los impactos directos, indirectos o a distancia de la obra o actividad que causen la desecación o la sedimentación de los humedales. En el caso de vías de transporte (veredas, caminos, carreteras, red ferroviaria), se deberá evitar la alteración de la hidrodinámica natural, tanto superficial como subterránea.

Vinculación: *Dentro del polígono no fueron encontrados cenotes, poljes, uvalas, cuevas, grutas, humedales costeros que tuvieran que delimitarse para su conservación. El área de humedales más cercano se ubica a aproximadamente 200 m de distancia, por lo cual se puede decir que no se verá afectado por las obras del proyecto.*

Criterio 11. Todo proyecto, obra o actividad que extraigan agua salobre del acuífero subterráneo y requieran su desalinización para su uso, deberán presentar los estudios correspondientes que demuestren que no modificarán la integridad funcional de los ecosistemas y las características naturales de los acuíferos, considerando también la descarga de aguas de desecho.

Vinculación: *El proyecto en ningún momento pretende instalar equipos desaladores para extraer agua salobre, por lo que el presente criterio no le aplica.*

Criterio 12. Todo proyecto, obra o actividad, deberá ubicar su sistema de tratamiento de aguas residuales en función del tipo de suelo y de la profundidad del acuífero, con el objeto de minimizar el riesgo que las aguas residuales fluyan al acuífero o a la superficie sin haber tenido un adecuado tratamiento. Asimismo, deberán asegurar la recolección periódica y disposición final adecuada de los lodos en caso de generarse.

Vinculación: *El proyecto pretende dar cumplimiento a este criterio mediante el establecimiento de una red de tuberías sanitarias que conducirán las aguas residuales de origen doméstico hacia un Sistema Individual de Tratamiento de Aguas Residuales (SITAR), modelo DLD14®, con una capacidad nominal de tratamiento de 1,300*

litros por día (1.3 m³/día), el cual será instalado durante la etapa de operación. Este sistema prefabricado está integrado por dos módulos de polietileno de alta densidad, con capacidades de 720 y 580 litros, respectivamente, y funciona mediante un proceso de tratamiento biológico anaerobio, con intervención de microorganismos BIODLD®, complementado con etapas de sedimentación y separación de sólidos. Su funcionamiento comprende cuatro etapas sucesivas que permiten la retención de sólidos sedimentables y favorecen la degradación biológica de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Una vez concluido el tratamiento, el efluente será conducido al mecanismo de disposición final previsto para el proyecto, cuya viabilidad deberá sustentarse en las condiciones físicas e hidrogeológicas del sitio, considerando particularmente la permeabilidad y estratigrafía del suelo, así como la profundidad del nivel freático, a fin de prevenir posibles afectaciones al suelo y al acuífero. Asimismo, se contempla que el sistema reciba mantenimiento periódico y que los lodos y residuos generados durante su operación sean manejados y dispuestos adecuadamente, conforme a las especificaciones técnicas del fabricante y las disposiciones ambientales aplicables. Para mayor detalle sobre las características, componentes y funcionamiento del sistema de tratamiento propuesto, véase el anexo 7 de este estudio.

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción se utilizarán sanitarios portátiles, la empresa contratante será la responsable del mantenimiento y la disposición de las aguas residuales.

Criterio 13. Todo proyecto, obra o actividad deberá remitirse a los atlas de riesgos y peligros y demostrar que incorporan las medidas constructivas y operativas necesarias para disminuir la vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos extremos y a los efectos del cambio climático. Entre dichas medidas se incluyen las siguientes:

a) Ubicar las obras y actividades en las zonas de menores niveles exposición.
b) Minimizar la fragmentación de ecosistemas naturales que brindan protección ante eventos hidrometeorológicos extremos.
c) Preservar la cobertura vegetal natural y la permeabilidad del suelo en los espacios no construidos.
d) Adaptar los caminos a la topografía del terreno.
e) Utilizar diseños y materiales que permitan el flujo de agua y sedimentos, así como la infiltración al subsuelo.
f) Disminuir posibles afectaciones a las estructuras de cavernas y formaciones geológicas.
j) Implementar diseños y estructuras constructivas que disminuyan la vulnerabilidad.

Vinculación: *De acuerdo al Atlas Nacional de Riesgo por Inundación del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y al Grado de riesgo por inundaciones por municipio de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la zona donde se ubica el polígono del proyecto es considerada como una zona Media-Alta a los riesgos por inundación, esto debido principalmente a que la península de Yucatán se encuentra en una zona propensa a la afectación por fenómenos hidrometeorológicos como lo son los ciclones tropicales y huracanes. Es por esto por lo que el proyecto tomará las medidas necesarias para que las construcciones sean realizadas con las mejores técnicas y materiales resistentes para cual emergencia climática.*

Criterio 14. Todo proyecto, obra o actividad deberá implementar medidas que favorezcan la recarga del acuífero. Estas medidas podrán incluir la recuperación del suelo, la construcción de pozos de absorción de agua de lluvia y/o la reforestación de áreas desmontadas o degradadas.

Vinculación: *El proyecto implementará las medidas necesarias para que el acuífero se siga recuperando, ya que el proyecto promueve la conservación de ecosistemas y su biodiversidad a través de la permanencia de áreas de conservación, en las cuales se plantaran especies de vegetación nativa; por lo que se seguirán prestando una serie de servicios ambientales de importancia para la región.*

CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA ESPECÍFICAS PARA EL USO DE SUELO DE ASENTAMIENTO HUMANOS

Criterio 1. Se supeditará la aprobación de proyectos de construcción y operación de desarrollos inmobiliarios, conjuntos habitacionales, fraccionamientos, lotes urbanizables, establecimientos de hospedaje turísticos e infraestructura urbana a la presentación de una estrategia dirigida a:

a) Minimizar la expansión urbana desordenada.
b) Minimizar la vulnerabilidad específica del acuífero.
c) Prevenir la fragmentación de hábitats naturales.
d) Satisfacer la demanda de manejo de residuos sólidos y líquidos, y la dotación de servicios urbanos.

Vinculación: *El proyecto que se solicita se ubica en una zona urbana donde se observan otros desarrollos inmobiliarios similares, por lo que el área que actualmente cuenta con diversos servicios, por lo cual se puede decir que el proyecto se pretende construir de manera ordenada, lo cual minimiza la fragmentación del hábitat al realizarse en una zona que cuenta con caminos, vialidad de acceso y servicios necesarios para una correcta operación.*

Criterio 3. Los proyectos de plantas desalinizadoras no podrán descargar sus aguas de rechazo en el suelo o cuerpos de agua, por lo que deberán contar con los medios necesarios para inyectarla al manto salino, considerando su concentración y volumen, de modo que se minimice el impacto ambiental.

Vinculación: *El proyecto no trata de un proyecto de planta desalinizadora, más bien trata sobre la construcción de una casa de playa.*

Criterio 4. Los proyectos de construcción y operación de desarrollos inmobiliarios y de turismo convencional que requieran consumo de agua, deberán contemplar medidas para la reducción del consumo como pueden ser captación de agua de lluvia, reúso de agua residual tratada (aguas grises) en riego de áreas verdes y otros usos que no requieran agua potable, instalación de sistemas ahorradores de agua, empleo de vegetación nativa con bajo requerimiento de agua en sus áreas verdes.

Vinculación: *El proyecto contará con instalaciones que ahorran agua y hacen un uso eficiente del recurso. Por lo que para el caso de los sanitarios se contara con un sistema dual para WC, que permite el ahorro de agua por medio de un sistema que usa 3 litros para descargas líquidas y 6 litros para sólidos. Entre las ventajas de esta tecnología se encuentran la no corrosión, no fugas, 1 válvula de descarga y 1 válvula de llenado. regaderas y llaves ahorradoras de agua (monomandos). Este sistema permitirá el ahorro de agua. Por otra parte, las aguas residuales generadas podrán ser utilizadas para el riego previo a su tratamiento*

Criterio 5. Los asentamientos humanos (vivienda, fraccionamientos, servicios, etc.) deberán mantener los humedales libres de obras de edificación, con el objeto de mantener sus procesos hidrodinámicos naturales.

Vinculación: *El proyecto se ubica dentro del área urbanizada, los humedales se encuentran a más de 200 metros por lo que estos no se verán afectados por las obras del proyecto.*

Criterio 6. Se deberán mantener libres de obras, temporales o permanentes, las dunas incipientes o embrionarias y las dunas en estuarios, con el objeto de evitar la afectación a integridad funcional del sistema playa-duna costera.

Vinculación: *El polígono no se encuentra dentro de la primera línea de costa donde se ubican las dunas. Por lo que este criterio no le aplica.*

Criterio 7. El aprovechamiento de las zonas colindantes a las playas se restringirá a instalaciones piloteadas (tipo palafito o andadores) de madera o materiales degradables, las cuales deberán ser ubicadas detrás de la cara posterior del primer cordón de duna, evitando la ocupación de la corona o cresta de la misma.
El pilotaje deberá ser superficial (hincado a golpes), no cimentado y deberá permitir el crecimiento de la vegetación, el transporte de sedimentos y el paso de fauna, por lo que se recomienda que tenga al menos un metro de elevación respecto al nivel de la duna.

Las dunas que formen barreras o diques que interrumpan el drenaje se excluirán para la construcción de instalaciones de edificaciones por ser zonas de vulnerables a inundaciones.

Vinculación: *El proyecto será construido de la manera tradicional en la región con cimientos de mampostería. Sin embargo, el proyecto contempla la permanencia de dos áreas de conservación, las cuales permitirán la permanencia de especies de flora comunes de las dunas costeras de la región, lo que de igual forma contribuirá a la creación de hábitats y refugios adecuados y refugios para la fauna.*

Criterio 8. Se considera la playa como zona potencial de anidación de tortugas marinas y se deberán adoptar las medidas precautorias señaladas en la normativa aplicable, incluyendo:

a) Conservar la vegetación nativa y restringir la introducción de especies exóticas en el hábitat de anidación.
b) Propiciar la regeneración natural de la comunidad vegetal nativa y el mantenimiento de la dinámica de acumulación de arena del hábitat de anidación.
c) Retirar de la playa cualquier objeto movible que tenga la capacidad de atrapar, enredar o impedir el paso de las tortugas anidadoras y sus crías durante la temporada de anidación.
d) Reorientar, modificar o desinstalar cualquier equipo que durante la noche genere una emisión o reflexión de luz hacia la playa de anidación o cause resplandor detrás de la vegetación costera, durante la época de anidación y emergencia de crías de tortuga marina.
e) Implementar el uso de luminarias direccionales o provistas de mamparas o capuchas, focos de bajo voltaje (40 watts) o lámparas fluorescentes compactas de luminosidad equivalente, y fuentes de luz de coloración amarilla o roja, (tales como las lámparas de vapor de sodio de baja presión) que disminuyan los impactos por la iluminación nocturna de la playa.
f) Prohibir el tránsito vehicular particular o recreativo en la playa durante la temporada de anidación.
g) Vigilar que los animales domésticos No perturben o lastimen las hembras, las nidadas y las crías.
h) Vigilar los niveles de ruido de fuentes antropogénicas en las playas de anidación para que no sobrepase el nivel establecido en la norma.
i) El manejo de las tortugas marinas solo podrá realizarlo el personal que acredite estar capacitado.

Vinculación: *Dentro del área del proyecto no se cuenta con registros de anidación de tortugas marinas. Sin embargo, se tomarán las medidas precautorias necesarias, así como las recomendadas en el presente criterio, con la finalidad de contribuir a la conservación de estas y las demás especies que pudieran hacer uso del área del proyecto.*

Criterio 9. La construcción de edificaciones permanentes en dunas terciarias se restringirá a las zonas consolidadas, detrás de las crestas de la duna. Para asegurar la resiliencia del sistema de dunas, la orientación, tipo y densidad de las edificaciones deberá minimizar la superficie de choque del viento y sujetarse a la capacidad de carga del sistema, y se deberá minimizar la pérdida de conectividad de hábitat mediante corredores biológicos.

Vinculación: *El proyecto se ubica en una zona urbana, donde en diferentes tiempos se han realizado modificaciones y actividades en el área. Sin embargo, como se ha mencionado con anterioridad el proyecto contempla la permanencia de áreas de conservación, donde se plantarán especies comunes de la duna costera lo que promoverá a la consolidación de dicho tipo de vegetación.*

Criterio 10. Se deberán excluir las playas y las dunas como sitios aptos para la disposición de los residuos (arenas y sedimentos) del dragado de canales de puertos, bocas de lagunas y lagunas costeras.

Vinculación: *El proyecto trata sobre la construcción de una vivienda unifamiliar tipo veraniega, por lo cual no realizará actividades de dragado. Sin embargo, la arena o material resultante de las excavaciones será reutilizado para la nivelación de las áreas donde se pretende construir, en dado caso de tener excedentes estos serán enviados a un sitio de disposición final autorizado por las autoridades competentes, por lo que en ningún momento serán depositados en la playa o duna costera aledañas al polígono del proyecto.*

Criterio 11. La construcción y operación de todo desarrollo que requiera suministro de energía eléctrica (incluyendo conjuntos habitacionales, fraccionamientos, establecimientos de hospedaje turísticos, oficinas, plazas comerciales, industria) deberán privilegiar la implementación de diseños bioclimáticos y la utilización de tecnologías para la optimización del consumo de energía asociada a la iluminación, los electrodomésticos y la ventilación y el aire acondicionado. Asimismo, se recomienda presentar un programa de generación de energías limpias para satisfacer al menos el 10% de su consumo energético, conforme a las disposiciones normativas aplicables.

Vinculación*: El proyecto será conectado al suministro de energía de la CFE y debido a que esta es únicamente una casa de vivienda unifamiliar, no se requiere un consumo elevado de energía. Sin embargo, el presente proyecto podrá contemplar en la medida de lo posible la instalación y uso de paneles solares para la generación de energías limpias (si se contara con la inversión necesaria).*

Criterio 12. La construcción y operación de infraestructura residencial, comercial, o turística en la zona costera deberá mantener entradas y pasos libres y bien definidos para que la población tenga acceso a las playas y la zona federal marítimo terrestre.

Vinculación: *El polígono del proyecto cuenta con caminos de acceso a la playa, los cuales serán mantenidos, así como también cabe mencionar que el proyecto se ubica a más de 40 metros de la pleamar máxima por lo cual esta no afectará o pretende realizar obras o actividades dentro de la zona federal marítima terrestre.*

Criterio 13. Los conjuntos habitacionales, fraccionamientos, lotes urbanizables, establecimientos de hospedaje turístico e infraestructura urbana deberán remitirse a los atlas de riesgos o peligros estatal y municipal vigentes para evitar que se desarrollen en ubicaciones inapropiadas, las cuales incluyen:

a) Zonas de aluviones naturales recientes, profundos o superficiales.
b) Relleno artificiales en barrancos, humedales y terraplenes o en general terrenos no consolidados, inestables con agrietamientos y sensibles a asentamientos diferenciales o hundimientos.
c) Áreas susceptibles a derrumbes o deslizamientos, sobresaturación hidráulica, sobrepeso, o movimientos vibratorios.
d) Áreas por debajo del nivel máximo de mareas.
e) Áreas susceptibles a inundación.
f) Bancos de materiales abandonados.
g) Áreas elevadas que al ser deforestadas generan escurrimientos que agravan inundaciones en zonas bajas.

Vinculación: *De acuerdo al Atlas Nacional de Riesgo por Inundación del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y al Grado de riesgo por inundaciones por municipio de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la zona donde se ubica el polígono del proyecto es considerada como una zona Media a los riesgos por inundación, esto debido principalmente a que la península de Yucatán se encuentra en una zona propensa a la afectación por fenómenos hidrometeorológicos como lo son los ciclones tropicales y huracanes. Es por esto por lo que el proyecto tomará las medidas necesarias para que las construcciones sean realizadas con las mejores técnicas y materiales resistentes para cual emergencia climática.*

Criterio 14. Los desarrollos inmobiliarios (condominio, fraccionamiento o subdivisión) solo se podrán establecer en terrenos que no cuenten con una cobertura forestal o se consideren como preferentemente forestales.

Vinculación: *El proyecto será construido en un predio con vegetación diferente a la forestal de acuerdo con el levantamiento de campo (ver capítulo 3), por lo que la obra de construcción de una vivienda unifamiliar es factible para su desarrollo.*

Criterio 15. Los asentamientos humanos rurales existentes están sujetos al crecimiento natural de su población y sus necesidades de vivienda, servicios e infraestructura, dentro de zonas que sean potencialmente urbanizables y fuera de zonas de riesgo.

Vinculación: *El presente proyecto no es asentamiento rural, sin embargo, este se encuentra en un área urbanizada fuera de riesgo, con los servicios necesarios para su desarrollo.*

CONCLUSIÓN

El proyecto, se desarrollará dando cumplimiento a los criterios ecológicos aplicables a la UGA en cuestión y aplicando medidas preventivas, de mitigación y compensatorias, con las cuales se garantizará la regeneración del sitio, la permanencia de las especies de flora y fauna presentes, el equilibrio de los ecosistemas y la funcionalidad del paisaje.

Por lo que, de acuerdo con los argumentos expuestos en cada uno de los criterios aplicables, podemos concluir que el proyecto es congruente con el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del estado de Yucatán (POETY).

El proyecto, se desarrollará dando cumplimiento a los criterios ecológicos aplicables a la UGA en cuestión y aplicando medidas preventivas, de mitigación y compensatorias, con las cuales se garantizará la regeneración del sitio, la permanencia de las especies de flora y fauna presentes, el equilibrio de los ecosistemas y la funcionalidad del paisaje. Por lo que, de acuerdo con los argumentos expuestos en cada uno de los criterios aplicables, podemos concluir que el proyecto es congruente con el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del estado de Yucatán (POETY).

II.3.4. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO COSTERO DE YUCATÁN (POETCY)

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), considera el ordenamiento ecológico marino como una modalidad de ordenamiento que tiene como objetivo regular e inducir el uso más racional del suelo y el desarrollo de las actividades productivas para lograr la protección y conservación de los recursos naturales del mar, de las zonas costeras, aguas nacionales y zonas contiguas a estas últimas. En este sentido, el POETCY, decretado en Julio de 2007, es en la actualidad el principal instrumento rector de los lineamientos a seguir para el desarrollo de las zonas costeras del estado de Yucatán.

La zona no representa un corredor biológico de interés o relevante, ya que la disminución de cobertura vegetal o sitios de probable ocupación por fauna silvestre han sido fuertemente impactadas por las anteriores actividades antropogénicas.

La clave de las UGA´s se ha divido en dos partes: un identificador formado con las tres primeras letras del nombre del municipio más un número de dos dígitos en orden consecutivo para cada municipio, un guión corto, más tres letras que indican el paisaje natural: Isla de Barrera (BAR); Cuerpos lagunares (LAG); Manglares, Petenes y blanquizales (MAN); Sabana (SAB) o Selva (SEL). La política está expresada por dos a cuatro caracteres: C1, C2, C3, AP1, AP2, URB (Urbano), PORT (Portuario) más una letra R que indica restauración y que únicamente se aplica para indicar aquellas UGAs que lo requieren.

Por lo que este proyecto evaluado en este estudio se encuentra localizado dentro del plan de ordenamiento ecológico territorial costero de Yucatán y se ubica en la Unidad de Gestión Ambiental denominada: **DZE01-BAR_C3-R.**

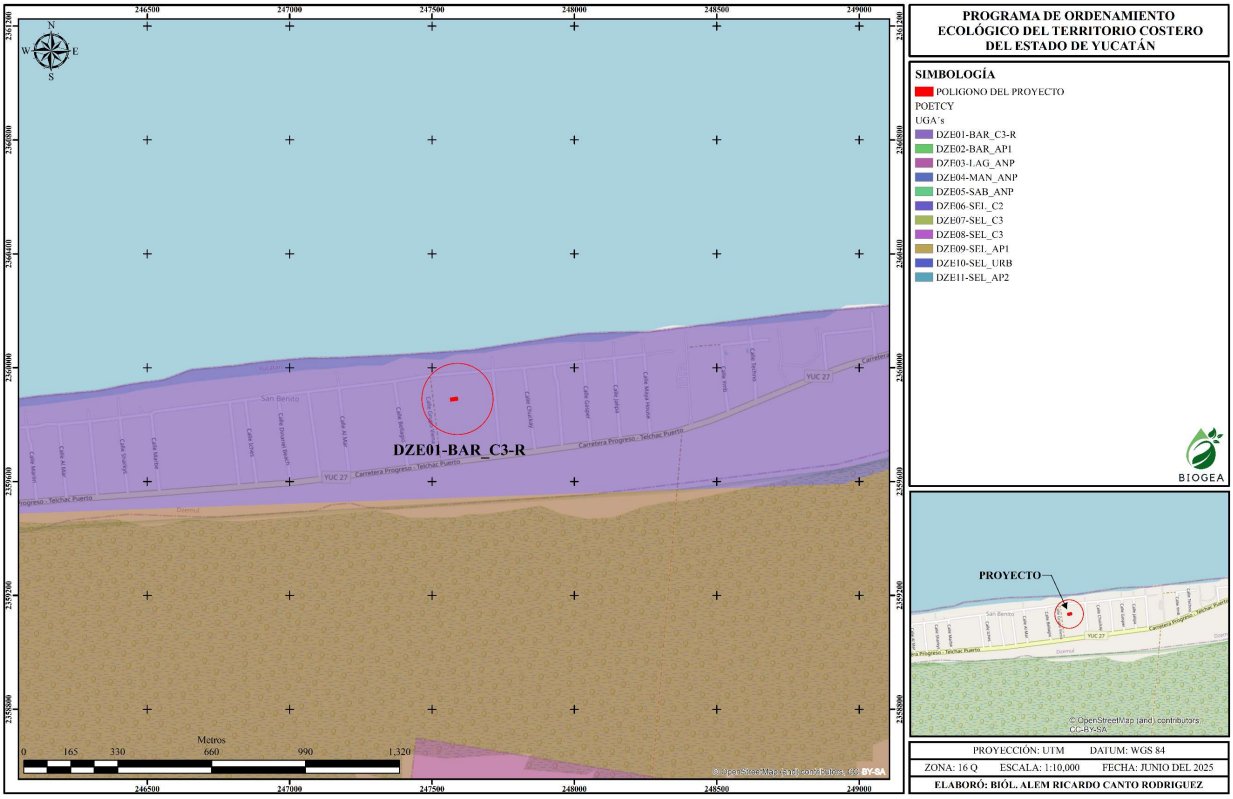


Figura II.4. Localización del proyecto en la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) del POETCY en la que se asentará el proyecto.

Tabla II.10. Actividades y Usos del Suelo de la UGA DZE01-BAR_C3-R.

CLAVE	POLÍTICA	ACTUALES	COMPATIBLES	NO COMPATIBLES	CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA
DZE01-BAR	C3-R	1, 2, 4, 9, 10, y 22.	1, 2, 3, 4, 9, 10, 20, 21, 22, 23 y 25.	5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 24, 26, 27, 28 y 29	2, 9, 11, 12, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 30, 31, 32, 33, 37, 38, 39, 41, 47, 57, 59, 61, 63 y 64.

La descripción de cada una de las actividades y usos de suelo son los siguientes:

ACTIVIDADES Y USOS DE SUELO

CLAVE	USOS ACTUALES
1	Área para el cuidado y preservación de las condiciones naturales protegidas.
2	Aprovechamiento doméstico de flora y fauna.
4	Unidades de manejo de vida silvestre y aprovechamiento cinegético.
9	Agricultura de plantaciones perennes (henequén, coco, frutales).
10	Agricultura semiintensiva (horticultura, floricultura, pastos de ornato).
22	***Vivienda Unifamiliar.***

CLAVE	USOS COMPATIBLES
1	Área para el cuidado y preservación de las condiciones naturales protegidas.
2	Aprovechamiento doméstico de flora y fauna.
3	Apicultura.
4	Unidades de manejo de vida silvestre y aprovechamiento cinegético.
9	Agricultura de plantaciones perennes (henequén, coco, frutales).
10	Agricultura semiintensiva (horticultura, floricultura, pastos de ornato).
20	Turismo de muy bajo impacto (pasa día, palapas, senderos, pesca deportiva -en mar o ría- observación de aves, fotografía, acampado).
21	***Turismo alternativo (hoteles, vivienda multifamiliar y servicios ambientalmente compatibles).***
22	***Vivienda Unifamiliar.***
23	Turismo tradicional de mediano impacto (hoteles, vivienda multifamiliar, restaurantes, venta de artesanías y servicios conexos).
25	Desarrollos inmobiliarios de acuerdo con la Ley de Desarrollos Inmobiliarios del Estado de Yucatán.

CLAVE	USOS NO COMPATIBLES
5	Pesca de consumo doméstico o pesca deportiva.
6	Acuacultura artesanal o extensiva.
7	Acuacultura industrial o intensiva.
8	Agricultura tradicional (milpa) y ganadería de ramoneo.
11	Ganadería extensiva (bovinos, ovinos) en potreros.
12	Ganadería estabulada tipo granja (bovinos, porcinos, aves).
13	Extracción artesanal de sal o artemia.
14	Extracción industrial de sal.
15	Extracción de arena.
16	Extracción artesanal de piedra o sascab sin uso de maquinaria o explosivos.
17	Extracción industrial de piedra o sascab.
18	Industrial no contaminante del manto freático y de bajo consumo de agua.
19	Industria en general.
23	Turismo tradicional de mediano impacto (hoteles, vivienda multifamiliar, restaurantes, venta de artesanías y servicios conexos).
24	Campos de golf.
26	Sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos.
27	Desarrollos portuario-marinos y servicios relacionados.
28	Aprovechamiento forestal maderable y no maderable
29	Industria eoloeléctrica.

Vinculación: *De acuerdo a los usos de suelos actuales, compatibles y no compatibles en esta UGA, la actividad referida a la Construcción de la Vivienda Unifamiliar Pavia es considerada como COMPATIBLE de acuerdo a los usos del numeral 21* ***Turismo alternativo (hoteles, vivienda multifamiliar y servicios ambientalmente compatibles)*** *y 22* ***Vivienda unifamiliar****, por lo que la ejecución del proyecto no se contrapone con los usos del*

POETCY. A continuación, se presentan los criterios de regulación ecológica aplicables a la ***DZE01-BAR_C3-R:***

Los **Criterios de regulación ecológica** mencionados para la UGA se analizan y se vinculan a continuación.

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.

VINCULACIÓN: *No aplicable al proyecto; ya que este no contempla ninguna de las actividades contempladas en este criterio.*

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, con excepción de las zonas de acumulación en las escolleras orientales de los puertos de abrigo habilitadas como bancos de préstamo por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y aquellos que se encuentren en áreas naturales o de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y en aquellas que se encuentren en áreas naturales protegidas, deberán contar con la autorización de la dirección de la reserva.

VINCULACIÓN: *No aplicable al proyecto, ya que la construcción y desarrollo de obras no contempla la extracción de arena en ninguna de sus etapas.*

Criterio 11. De acuerdo con lo establecido en los artículos de la Ley General de Vida Silvestre, cuando se requiera delimitar los terrenos particulares, fuera de zonas urbanas y los bienes nacionales que hayan sido concesionados, con previa autorización de la autoridad competente, esta delimitación se deberá realizar garantizando el libre paso de las especies y que no fragmenten el ecosistema.

VINCULACIÓN: *El desarrollo de esta obra garantizará el libre tránsito de especies, al construir límites físicos artificiales diseñados para que la fauna pueda transitar libremente en el predio. Así mismo, se pretende mantener áreas de conservación con vegetación, que sirvan a las especies como sitios de refugio, evitando su desplazamiento hacia áreas similares en cobertura vegetal evitando de esta manera la fragmentación de hábitats, cumpliendo con el criterio establecido.*

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, que obstruyan o modifiquen los cauces principales del flujo y reflujo de marea, así como proyectos de restitución de playas, quedarán restringidas y sujetas a evaluación de impacto ambiental por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y a la presentación de un programa de monitoreo y mantenimiento de transporte litoral de sedimentos.

VINCULACIÓN: *El desarrollo del proyecto no afectará la dinámica del transporte litoral, ya que no contempla el establecimiento de espigones, espolones, escolleras, geotubos y bardas, que obstruyan o modifiquen los causes principales del flujo y reflujo de marea; así como tampoco pretende restituir playas. Por último, no se implementará ningún tipo de infraestructura en zonas federales durante el desarrollo del proyecto. De hecho, el proyecto, respeta la Zona Federal Marítimo Terrestre y la primera franja de 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 impactos generados al transporte litoral de sedimentos y a las necesidades de mantenimiento de este proceso.

VINCULACIÓN: *No aplica al proyecto. El predio no es un terreno ganado al mar, por lo cual se da cumplimiento al presente criterio.*

Criterio 19. Las autorizaciones de construcción de hoteles, condominios, villas, casas-habitación, desarrollos habitacionales y urbanos, piscinas, restaurantes, instalaciones de comercio y servicios, en general, habitacionales y urbanos, piscinas, restaurantes, instalaciones de comercio y servicios en general, marinas, muelles y calles de los 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, o en su caso, la presencia de matorral costero, el cual deberá ser protegido, por lo que no nivelará la primera duna y respetarán la vegetación rastrera y de matorral existente tanto de la duna como de la playa. Se exceptúa de este criterio la instalación de estructuras que no requieran de cimentación y que sean desmontables y fácilmente removibles manteniendo la condición de protección total a la vegetación de duna presente. Estos criterios aplican también a los permisos para ampliación, remodelación, o reconstrucción de edificaciones preexistentes, los cuales también requerirán de una evaluación en materia de impacto ambiental.

VINCULACIÓN: *El proyecto desde su diseño ha contemplado esta medida regulatoria respetando los 20 m de Zona Federal Marítimo Terrestre y de protección de duna. En ningún momento se establecerán obras civiles con sellamiento en la zona de protección de la duna y de la ZOFEMAT. Por lo que el proyecto cumple con las condiciones especificadas en este criterio.*

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.

VINCULACIÓN: *El proyecto no se ubica en primera línea costera, por lo que no será necesario implementar estructuras sobre pilotes ya que el deseño de este le permite respetar el primer cordón de duna. Sin embargo, de requerir alguna obra que requiere este tipo de edificación podrán ser construidas sobre pilotes como lo recomienda el presente criterio.*

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 esta alterada, es escasa o inexistente, la obra debe incluir la reforestación con vegetación rastrera y de matorral desde la duna hasta la playa.

VINCULACIÓN: *El proyecto no se encuentra en primera línea de costa, sin embargo, durante las actividades del proyecto se pretende llevar a cabo la reforestación sobre las áreas destinadas como conservación con especies nativas de la zona, que permitan la formación y retención de la arena y evite la erosión de suelo. Esto a través de un Programa de Reforestación de Duna costera (Ver Anexo 6 del estudio).*

Criterio 22. Las construcciones de la barra arenosa de tipo habitacional, turístico, comercial y de servicios deberán sujetarse al procedimiento del cálculo de capacidad de carga (anexo I), se podrá exceptuar los resultados del anexo I en los predios cuya capacidad de carga sea menor que el resultado del estudio de contexto. Las construcciones se apegarán a los reglamentos de construcción municipales, en su caso. En países fuera de la barra arenosa, los desarrollos de tipo habitacional, turístico, comercial y de servicios no requerirán del análisis del anexo I. En todos los casos se requerirán evaluaciones de impacto ambiental.

VINCULACIÓN: *El proyecto se refiere a la construcción y operación de una casa de playa (vivienda unifamiliar) para descanso en épocas de verano. De manera que se integra a este documento el Cálculo de Capacidad de Carga. Cabe señalar, que en este estudio el proyecto puede ocupar hasta* ***699.993 m²*** *de la superficie total del predio, por lo que la ocupación de obras del proyecto no rebasa los límites establecidos de acuerdo con la Capacidad de Carga pues el proyecto, ocupando únicamente el 68.25% (682.49 m²) de la totalidad del predio y manteniendo el área restante como área de conservación.*

Criterio 23. El diseño por viento de las construcciones en la barra arenosa deberá considerar velocidades de 250 km/h.

VINCULACIÓN: *Se respetará lo establecido de acuerdo con el presente criterio a pesar de que el proyecto no se encuentre en primera línea costera.*

Criterio 24. 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 pudieran establecerse en la superficie máxima de aprovechamiento para el desarrollo, es decir, el número de lotes máximo que pueden ser distribuidos de manera horizontal o vertical. Se tomará como base para este cálculo, los lotes con una superficie mínima de 300 m^2 y las restricciones por concepto de vialidades o circulaciones y áreas de destino o áreas comunes. En el caso de una vivienda unifamiliar, la altura máxima de dicha vivienda será de diez metros.

VINCULACIÓN: *El proyecto acata cabalmente la altura máxima permitida según el resultado de la capacidad de carga, cuyo estudio técnico se muestra en el Anexo 9 del presente estudio.*

Criterio 25. Los desarrollos urbanos y turísticos sometidos a autorización de la autoridad competente deberán contar con un programa integral de manejo de residuos sólidos.

VINCULACIÓN: *El proyecto acata cabalmente la altura máxima permitida según el resultado de la capacidad de carga, cuyo estudio técnico se muestra en el Anexo 9 del presente estudio.*

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 un 1.5 m de ancho.

VINCULACIÓN: *El proyecto no se encuentra sobre la primera línea costera, sin embargo, el proyecto mantendrá andadores y estacionamiento sin sellamiento del suelo, únicamente su compactación.*

Criterio 31. Las áreas actuales ocupadas por desarrollos turísticos, vivienda y las de futura expansión deberán contemplar el acceso público a la zona federal marítimo terrestre, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar, recomendándose distancias máximas de 200 m.

VINCULACIÓN: *El proyecto no se contrapone a lo establecido, pues respeta la primera línea costera, así como también el límite de ZOFEMAT.*

Criterio 32. La secretaría de Media Ambiente y Recursos Naturales dispondrá las áreas, horarios y condiciones en que no podrán utilizarse vehículos motorizados, así como la realización de otras actividades que pongan en peligro la integridad física de los usuarios de las playas, áreas de anidación de tortugas marinas y la porción correspondiente a la primera duna costera, salvo en casos de inspección, vigilancia y emergencias.

VINCULACIÓN: *El proyecto no contempla el uso de vehículos motorizados, por lo que de acuerdo a esto el proyecto se ajusta a lo establecido en el presente criterio.*

Criterio 33. Con el objeto de no perturbar a las tortugas marinas, durante el periodo de anidación y eclosión se debe restringir la iluminación directa al mar y a la playa durante dicho período.

VINCULACIÓN: *El proyecto no contempla el uso de vehículos motorizados, por lo que de acuerdo a esto el proyecto se ajusta a lo establecido en el presente criterio.*

Criterio 37. Las excavaciones y obras hidráulicas para conectar los cuerpos lagunares con el mar requerirán de evaluación en materia de impacto ambiental por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en los términos de lo establecido en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, excepto cuando tengan como finalidad el drenaje de cuerpos lagunares o charcas salineras derivados de fenómenos hidrometeorológicos severos.

VINCULACIÓN: *No aplica al proyecto, ya que en ningún momento realizara actividades de excavación y obras hidráulicas para conectar los cuerpos lagunares con el mar.*

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.

VINCULACIÓN: *El desarrollo del proyecto no se contrapone con dicho criterio, ya que, durante la implementación del mismo, no se construirán calles pavimentadas con libre acceso hacia la playa.*

Criterio 39. La construcción de nuevos caminos, así como el ensanche, cambio de trazo y pavimentación de los caminos existentes requerirán de una evaluación en materia de impacto ambiental en los términos de lo establecido en las leyes federales y estatales correspondientes excepto en el caso que conlleve acciones de restauración de flujos hidráulicos en el caso de zonas inundables extendidas en sabanas, lagunas y manglares. A reserva de que los estudios hidráulicos en el trazo vial determinen especificaciones precisas, en carreteras existentes o futuras, se deberá procurar que exista al menos un 30% del área libre de flujo y deben realizarse sobre pilotes y/ó puentes en los cauces principales de agua.

VINCULACIÓN: *El desarrollo del proyecto no se contrapone con dicho criterio, ya que, durante la implementación de este, no se construirán calles pavimentadas.*

Criterio 41 Se considera que el aprovechamiento de especies silvestres será compatible con la protección de este ecosistema siempre y cuando sea en unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre, cuyo programa de manejo sea autorizado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

VINCULACIÓN: *El desarrollo del proyecto no se contrapone con dicho criterio, ya que, esta trata sobre la construcción de una vivienda unifamiliar y no de una unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre.*

Criterio 47. Dada la vulnerabilidad y fragilidad del sitio, no se permite la construcción de campos de golf.

VINCULACIÓN: *El proyecto no pretende la construcción de campos de golf, de manera que el presente criterio no le aplica al tratarse de la construcción de una vivienda unifamiliar.*

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 previniendo la separación de aguas grises de las negras.

VINCULACIÓN: *Durante la etapa de preparación del sitio y construcción se contará con letrinas portátiles, cuyas aguas residuales generadas serán manejadas por las mismas compañías prestadoras del servicio.*

Durante la operación el proyecto contará con equipos y dispositivos ahorradores o economizadores de agua para su etapa operativa. Para el caso de los sanitarios se contará con un sistema dual para WC, que permite el ahorro de agua por medio de un sistema que usa 3 litros para descargas líquidas y 6 litros para sólidos. Entre las ventajas de esta tecnología se encuentra la no corrosión, no fugas, una válvula de descarga y una válvula de llenado. Además, se utilizará grifería ahorradora, así como regaderas y llaves ahorradoras. Todos estos equipos permitirán el ahorro de agua hasta del 40% de su consumo total.

Por último, es importante mencionar que en la etapa operativa se contará con sistema para tratamiento de aguas residuales que permitirá tratar estas aguas (SITAR DLD14), generar un menor impacto al manto acuífero y medio ambiente.

Esto con el fin de cumplir con los parámetros de descarga estipulados dentro de la NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Criterio 59. No se permite que se realicen en playas y lagunas el mantenimiento de embarcaciones, motores, y depósitos de aceites y combustibles, lo anterior deberá hacerse adecuadamente en los refugios y puertos de abrigo de acuerdo con lo establecido en las leyes aplicables en la materia. En el caso de motobombas para la actividad salinera, los arreglos mayores se realizarán en talleres establecidos para tal efecto.

VINCULACIÓN: *El proyecto no pretende realizar actividades de mantenimiento de embarcaciones, motores, ni mucho menos los depósitos de aceites y combustibles, de manera que no contravienen las disposiciones establecidas en este criterio.*

Criterio 61. Dada la vulnerabilidad del territorio, se restringe la disposición final de residuos sólidos urbanos, de manejo especial, tóxico, peligroso y biológico-infeccioso.

VINCULACIÓN: *El proyecto no dará disposición final de ningún tipo de residuo dentro del área, sino que contará con un Procedimiento de manejo de residuos sólidos urbanos y residuos peligrosos para verificar su adecuada gestión. Se contará con un almacén temporal que cumplirá con la Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento y serán transportados y puestos a manejo final por empresas subcontratadas que cuenten con las autorizaciones correspondientes para realizar dichas actividades.*

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 General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, por lo que su disposición en las playas es restringida.

VINCULACIÓN: *El proyecto no pretende realizar actividades pesqueras como los manifestados en el presente criterio.*

Criterio 64. No se permite el vertimiento de salmueras a los humedales, lagunas, manglares y blanquizales.

VINCULACIÓN: *El proyecto trata de la construcción y operación de casa de playa, mismo que no pretende el vertimiento de salmueras a humedales, lagunas, manglares y blanquizales.*

CONCLUSIÓN

De acuerdo con lo establecido en la UGA del POETCY, no existen criterios o regulaciones que hagan incompatible el desarrollo del proyecto. Las medidas enunciadas anteriormente y contempladas en el Programa de Ordenamiento Ecológico Costero del Territorio deberán verificarse durante las etapas del proyecto, para permitir el aprovechamiento racional y controlado de los recursos y el manejo adecuado de los residuales generados. Por lo que se puede concluir que el proyecto no contraviene con los criterios establecidos en el ordenamiento ecológico costero analizado.

II.4. PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO

No se cuenta en la zona del proyecto con programas de este tipo.

II.5. DECRETOS, REGIONES PRIORITARIAS Y PROGRAMAS DE MANEJO DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.

II.5.1. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (ANP´s)

Éstas son porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados. Se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, el programa de manejo y los programas de ordenamiento ecológico.

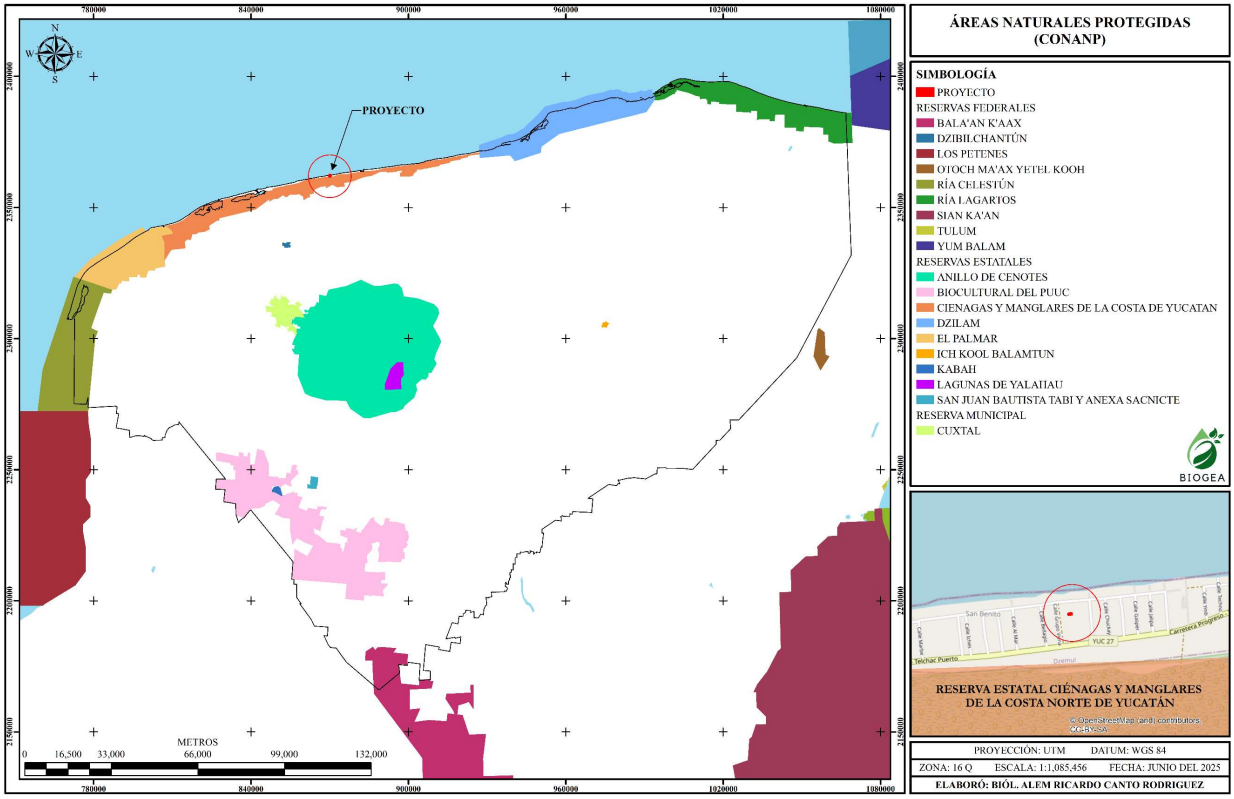


Figura II.5. Áreas naturales protegidas en el estado de Yucatán (fuente: SEDUMA-Bitácora Ambiental).

Vinculación: *El predio de interés no se ubica al interior de algún área natural protegida, no obstante, el ANP más cercana al área del proyecto es la Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán ubicada aproximadamente a 1.5 Km de distancia del polígono del proyecto.*

A pesar de que el proyecto no afectará ninguna ANP, se consideran ciertas medidas para evitar la afectación a la flora y fauna, además las actividades a realizar por la implementación del proyecto no afectarán a las lagunas costeras; entre las medidas a implementar está el tratamiento de aguas residuales la contratación de empresas recolectoras certificadas para llevar a cabo este tipo de actividades. Durante la operación el proyecto contará con un sistema de tratamiento de aguas residuales (SITAR DLD14 con capacidad de 1,300 l). Con base a lo anterior es importante mencionar que el proyecto no alterará, ni modificará ninguna de las características de las áreas naturales protegidas federales o estatales declaradas en el estado de Yucatán.

II.5.2. REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS (RTP´s)

Las RTP, corresponden a unidades físico-temporales estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destacan por la presencia de una riqueza ecosistémica y específica, y una presencia de especies endémicas comparativamente mayor que en el resto del país; así como por una integridad biológica significativa y una oportunidad real de conservación. A continuación, se presenta un análisis de la ubicación del proyecto con respecto a las regiones terrestres prioritarias.

Vinculación con el proyecto: *Como se observa en la figura siguiente, el proyecto se encuentra inmerso dentro de la RTP DZILAM- RIA LAGARTOS- YUM BALAM. No obstante, durante la construcción del proyecto se llevará*

a cabo supervisión dentro del predio y sus alrededores, con la finalidad de realizar actividades de rescate y reubicación de las especies para la protección y conservación de la biodiversidad de la zona del proyecto. Con todo lo anterior, se puede indicar que el presente proyecto contempla la protección y mantenimiento de las diferentes formas de vida de la región, y por ende de los servicios ambientales que prestan en la zona.

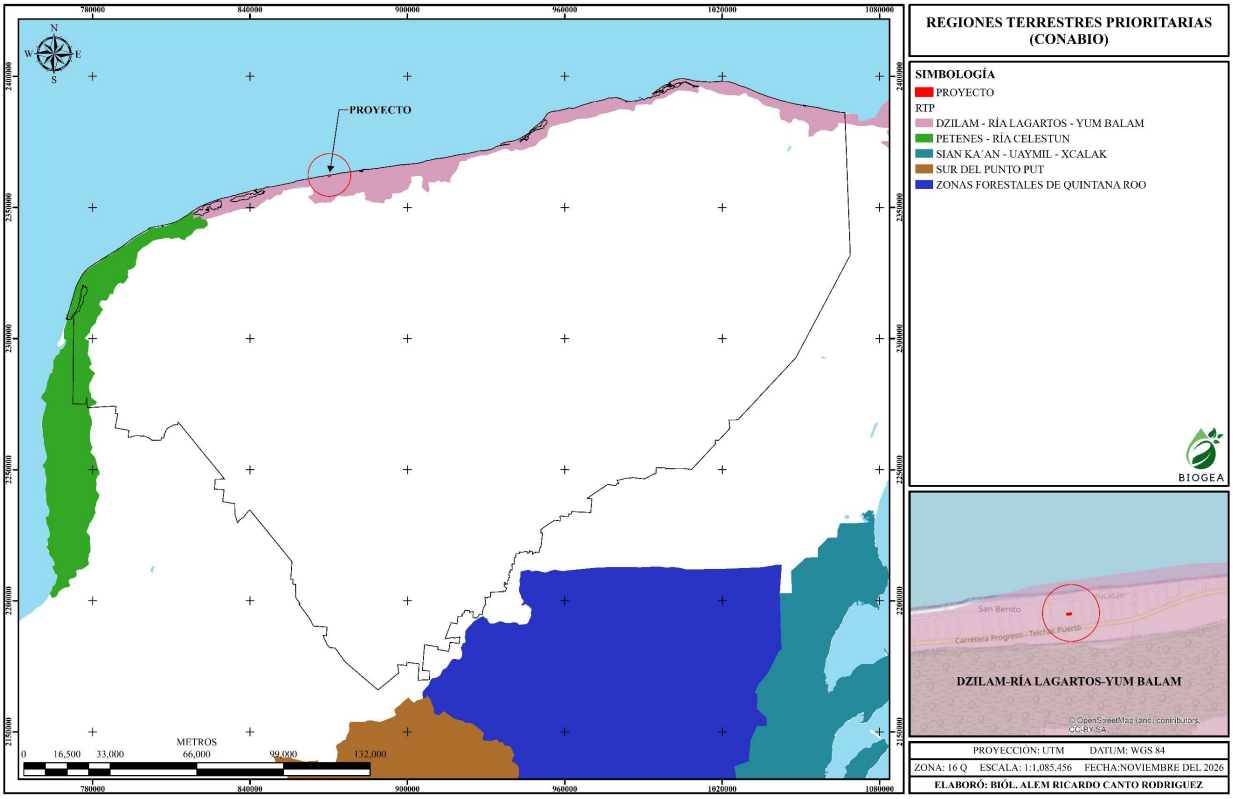


Figura II.6. Ubicación del proyecto con relación a las Regiones Terrestres Prioritarias.

II.5.3. REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS (RHP´s)

Las RHP se refieren a la parte alta, media o baja de una cuenca o subcuenca o de un cuerpo de agua individual, significativa por sus recursos hídricos y biológicos, los cuales son factibles de ser conservados y en donde ocurren o pueden ocurrir impactos negativos resultado de las actividades de uso y explotación de los mismos por parte de los sectores público o privado, tal como se señala en la siguiente figura del proyecto en cuestión que se encuentra inmerso en la Región Hidrológica Anillo de Cenotes.

Vinculación con el proyecto: *El predio bajo estudio se encuentra dentro de la Región Hidrológica Prioritaria* ***102. ANILLO DE CENOTES,*** *que abarca una superficie de 16,214.82 m² (Latitud 21°37'48" - 19°48'36" N-Longitud 90°29'24" - 87°15'36" W. Esta región posee un el clima seco muy cálido, semiseco semicálido y cálido subhúmedo, todos con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28 °C. Precipitación total anual 400-1100 mm. Vientos Alisios del SE. Frecuente ocurrencia de huracanes entre junio y diciembre.*

A pesar de que el predio de estudio se encuentra inmerso en esta región donde abundan los cenotes, dentro del área no se encontró ningún cuerpo de este tipo. Sin embargo, el proyecto contempla implementar medidas para garantizar el manejo adecuado de las aguas residuales de origen sanitario durante sus diferentes etapas. Durante

las etapas de preparación del sitio y construcción de la obra, se instalarán sanitarios portátiles en los distintos frentes de trabajo, cuyo uso será obligatorio para el personal. El mantenimiento, limpieza y manejo de las aguas residuales generadas estarán a cargo de una empresa prestadora del servicio, responsable de su recolección, traslado, tratamiento y disposición final conforme a las disposiciones aplicables. Por otra parte, durante la etapa de operación, se instalará un Sistema Individual de Tratamiento de Aguas Residuales (SITAR), modelo DLD14®, con una capacidad nominal de tratamiento de 1,300 litros por día (1.3 m³/día), destinado al tratamiento de las aguas residuales domésticas, tanto grises como negras. Este sistema prefabricado está integrado por dos módulos de polietileno de alta densidad, con capacidades de 720 y 580 litros, respectivamente, y emplea un proceso de tratamiento biológico anaerobio mediante microorganismos BIODLD®, complementado con etapas de sedimentación y separación de sólidos. Su funcionamiento comprende cuatro etapas sucesivas que favorecen la retención de sólidos sedimentables y la degradación biológica de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Una vez concluido el tratamiento, el efluente será conducido al mecanismo de disposición final previsto para el proyecto, cuya viabilidad deberá sustentarse mediante la evaluación de las condiciones de permeabilidad y estratigrafía del suelo, así como de la profundidad del nivel freático, con el propósito de prevenir posibles afectaciones al suelo y al acuífero. Asimismo, se deberá garantizar el mantenimiento periódico del sistema y el manejo adecuado de los lodos y residuos generados durante su funcionamiento, conforme a las especificaciones técnicas del fabricante y la normatividad ambiental aplicable. Para mayor detalle sobre las características y funcionamiento del sistema de tratamiento propuesto, véase el anexo 7 correspondiente de este estudio.

Con base a lo anterior es importante mencionar que el proyecto no alterará, ni modificará ninguna de las características de las Regiones Hidrológicas Prioritarias declaradas en el estado de Yucatán.

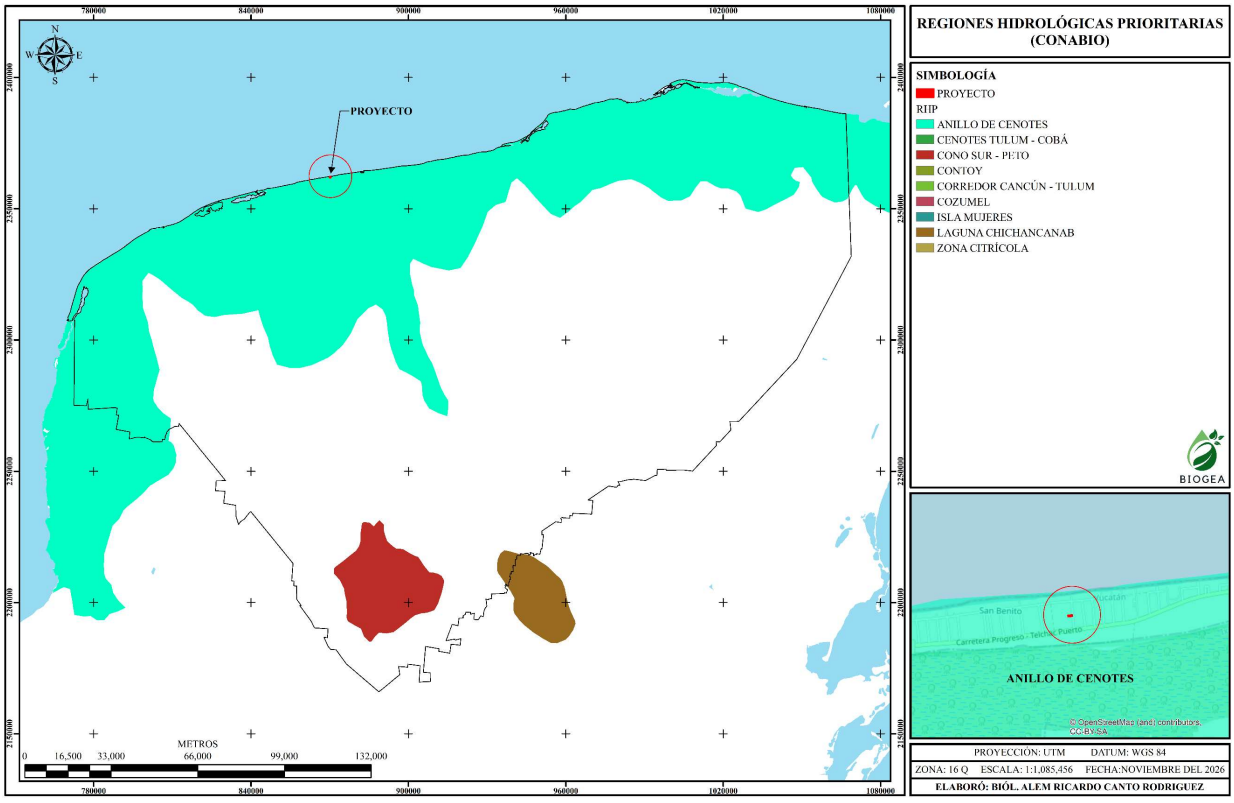


Figura II.7. Ubicación del proyecto en relación a las Hidrológicas Terrestres Prioritarias.

II.5.4. REGIONES MARINAS PRIORITARIAS (RTP´s)

Estas regiones se crearon considerando criterios ambientales (integridad ecológica, endemismo, riqueza, procesos oceánicos, etc.), económicos (especies de importancia comercial, zonas pesqueras y turísticas importantes, recursos estratégicos, etc.) y de amenazas (contaminación, modificación del entorno, efectos a distancia, especies introducidas, etc.).

Vinculación con el proyecto: *El proyecto se ubica dentro de la **RMP 61. SISAL-DZILAM**, la cual tiene un clima cálido subhúmedo a semiárido con lluvias en verano. Alta precipitación y evaporación. Temperatura media anual 22-26°C. Ocurren huracanes, nortes. Esta región es una zona costera con dunas y petenes y abarca una extensión de 10,646 km^2 (coordenadas: Latitud. 21°40'48" a 20°28'12", Longitud. 90°21' a 88°26'24' y aunque no se encuentra en la primera línea de costa ni se afectará algún ecosistema costero durante la realización de esta obra, se tomarán las medidas necesarias para evitar la contaminación del acuífero. Entre las medidas se señala el uso obligatorio de letrinas móviles para los trabajadores durante la preparación de sitio y construcción. Así como el tratamiento de las aguas sanitarias durante la etapa operativa. Con base a lo anterior es importante mencionar que el proyecto no alterará, ni modificará ninguna de las características de las Regiones Marinas Prioritarias declaradas en el estado de Yucatán.*

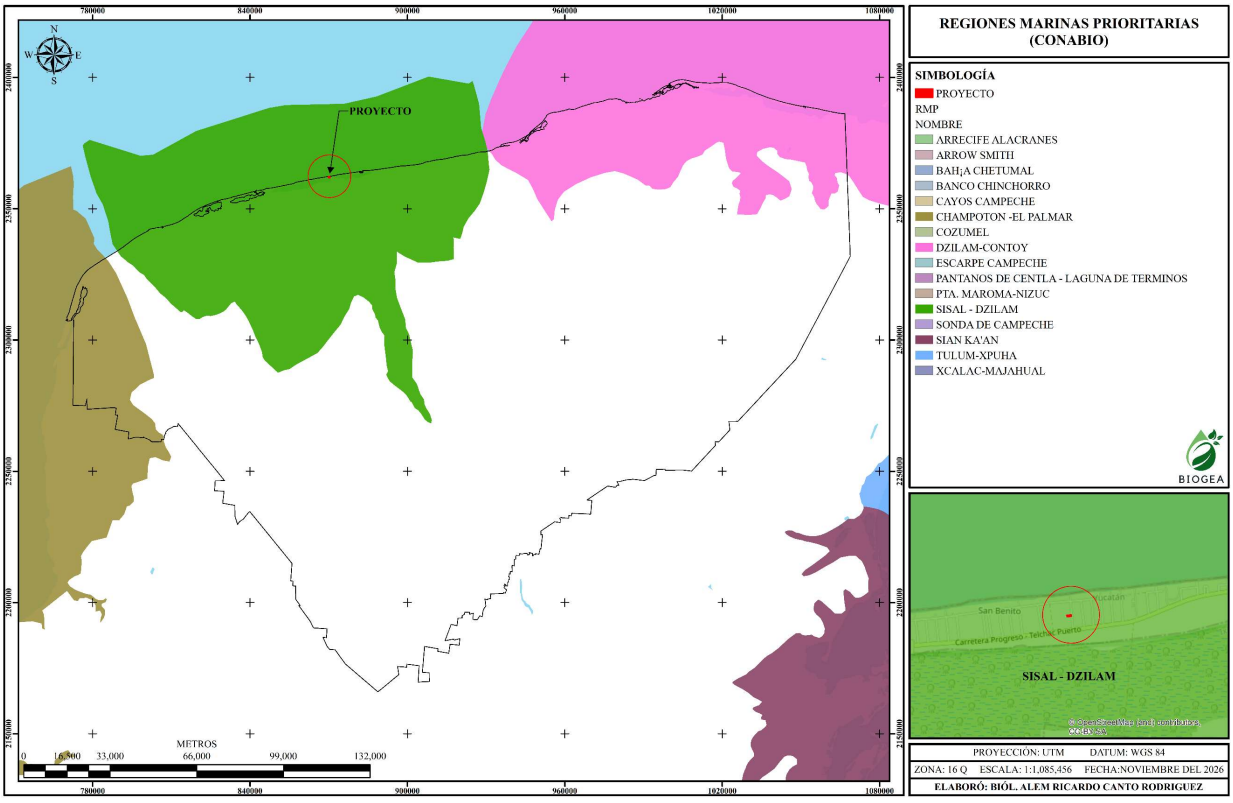


Figura II.8. Ubicación del proyecto en relación a las Regiones Marinas Prioritarias.

II.5.5. ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES (AICAS)

Estas áreas son congruentes con la delimitación biogeográfica presente en todo el país, en la que se representan unidades básicas de clasificación, constituidas por áreas que albergan grupos de especies con un origen común y patrones similares de fisiografía, clima, suelo y fisionomía de la vegetación.

Vinculación con el proyecto: *Como se puede observar en la figura siguiente, el proyecto se encuentra inmerso en el AICA denominado ICHKA'ANSIJO donde se presentan rocas calizas del Terciario y Cuaternario y donde el clima es muy seco cálido con lluvias en verano. Esta región abarca al estado de Yucatán y se ubica en las coordenadas geográficas Latitud 19° 53' 24'' a 21° 12' 36'' N y Longitud 89° 52' 48'' a 90° 30' 00'' W, con una extensión de 2,113 km^2.*

A pesar de que el proyecto dentro de esta zona se contempla entre sus medidas la aplicación de actividades para la protección y mantenimiento de la biodiversidad de la zona del proyecto. Con base en lo anterior se puede indicar que el desarrollo del presente proyecto es congruente con el ambiente.

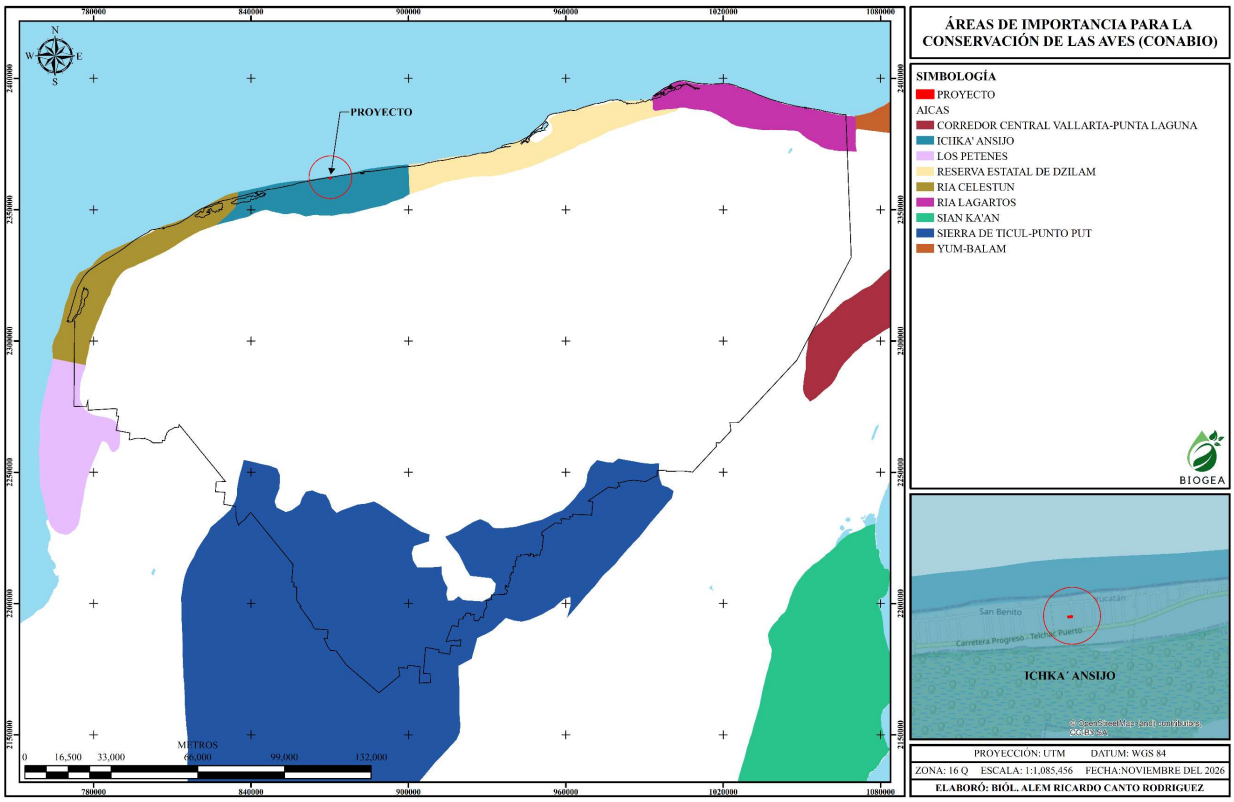


Figura II.9. Ubicación del proyecto con relación a las Áreas de importancia para la conservación de las aves.

II.6. LEYES Y REGLAMENTOS DE LEY

II.6.1. LEY DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE YUCATÁN.

Artículo 95.- Las emisiones contaminantes a la atmósfera tales como, humo, polvos, gases, vapores, olores, ruido, vibraciones y energía lumínica, no deberán rebasar los límites máximos permisibles contenidos en las normas

oficiales vigentes, en las normas técnicas ambientales que se expidan y en las demás disposiciones locales aplicables en el Estado de Yucatán.

Los propietarios de fuentes fijas y móviles que generen cualquiera de estos contaminantes, están obligados a instalar mecanismos para la recuperación y disminución de las emisiones contaminantes.

Artículo 105.- Los propietarios o poseedores de vehículos automotores que circulen en el territorio de la entidad, tendrán la obligación de someter a verificación sus vehículos con el propósito de controlar las emisiones contaminantes, con la periodicidad y con las condiciones que el Poder Ejecutivo establezca.

Vinculación: *Se promoverá que los vehículos que se empleen para la realización del proyecto se les realicen el mantenimiento apropiado en talleres autorizados y fuera del área del proyecto (Afinaciones, cambios de aceite,) para el control de las emisiones generada.*

Artículo 111.- La generación de aguas residuales en cualquier actividad susceptible de producir contaminación, conlleva la responsabilidad de su tratamiento previo a su uso, reusó o descarga, de manera que la calidad del agua cumpla con la normatividad aplicable.

Vinculación: *El proyecto contempla la renta de sanitarios portátiles, los cuales la empresa rentadora le dará el debido mantenimiento y se encargará de darle tratamiento y una disposición final a las aguas residuales generadas. Por otra parte, durante la etapa de operación, el proyecto contempla la instalación de un Sistema Individual de Tratamiento de Aguas Residuales (SITAR), modelo DLD14®, con una capacidad nominal de tratamiento de 1,300 litros por día (1.3 m³/día), destinado al tratamiento de las aguas residuales domésticas, tanto grises como negras. Este sistema prefabricado está conformado por dos módulos de polietileno de alta densidad, con capacidades de 720 y 580 litros, respectivamente, y emplea un proceso de tratamiento biológico anaerobio mediante microorganismos BIODLD®, complementado con etapas de sedimentación y separación de sólidos. Su funcionamiento comprende cuatro etapas sucesivas que favorecen la retención de sólidos sedimentables y la degradación biológica de la materia orgánica contenida en las aguas residuales. Una vez concluido el proceso de tratamiento, el efluente será conducido al mecanismo de disposición final contemplado para el proyecto, cuya viabilidad deberá sustentarse en las características físicas e hidrogeológicas del terreno, considerando particularmente la permeabilidad y estratigrafía del suelo, así como la profundidad del nivel freático, con la finalidad de prevenir posibles afectaciones al suelo y al acuífero. Asimismo, se deberá garantizar el mantenimiento periódico del sistema, la extracción y el manejo adecuado de los lodos generados, así como su operación conforme a las especificaciones técnicas del fabricante y las disposiciones ambientales aplicables. Para mayor detalle sobre las características, componentes y funcionamiento del sistema de tratamiento propuesto, véase el anexo 7 de este estudio.*

II.6.2. REGLAMENTO DE LA LEY DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE YUCATÁN

Artículo 134. Las emisiones de cualquier tipo de contaminante de la atmósfera no deberán exceder los niveles máximos permisibles, por tipo de contaminante o por fuentes de contaminación que establezcan en las Normas Oficiales Mexicanas.

Artículo 152. Las emisiones de gases, partículas sólidas y líquidas a la atmósfera, monóxido de carbono e hidrocarburos, emitidos por el escape de los vehículos en circulación que utilizan gasolina, diesel o gas L.P. como combustible, así como de los niveles de opacidad del humo proveniente de la combustión de los vehículos automotores a diesel, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisiones establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas, tomando en cuenta los valores de concentración máxima permisible de contaminantes para el ser humano.

Artículo 155. Todos los vehículos automotores que circulan en el estado y que por tanto estén registrados en él, deberán ser sometidos obligatoriamente a verificación en las fechas que se fijen en los programas que al efecto se publiquen, no haciéndose válida su verificación en otras entidades federativas.

Vinculación: *Se promoverá que los vehículos que se empleen para la realización del proyecto se les realicen el mantenimiento apropiado en talleres autorizados y fuera del área del proyecto (Afinaciones, cambios de aceite,) para el control de las emisiones generada.*

Artículo 151. Todas las descargas de aguas residuales domésticas deberán ser vertidas a fosas sépticas o algún sistema de recolección, que cuente con el tratamiento que garantice la reducción de contaminantes del agua residual.

Vinculación: *El proyecto contempla la renta de sanitarios portátiles, los cuales la empresa rentadora le dará el debido mantenimiento y se encargará de darle tratamiento y una disposición final a las aguas residuales generadas. Por otra parte, durante la etapa de operación, el proyecto contempla la instalación de un Sistema Individual de Tratamiento de Aguas Residuales (SITAR), modelo DLD14®, con una capacidad nominal de tratamiento de 1,300 litros por día (1.3 m³/día), destinado al tratamiento de las aguas residuales domésticas, tanto grises como negras. Este sistema prefabricado está conformado por dos módulos de polietileno de alta densidad, con capacidades de 720 y 580 litros, respectivamente, y emplea un proceso de tratamiento biológico anaerobio mediante microorganismos BIODLD®, complementado con etapas de sedimentación y separación de sólidos. Su funcionamiento comprende cuatro etapas sucesivas que favorecen la retención de sólidos sedimentables y la degradación biológica de la materia orgánica contenida en las aguas residuales. Una vez concluido el proceso de tratamiento, el efluente será conducido al mecanismo de disposición final contemplado para el proyecto, cuya viabilidad deberá sustentarse en las características físicas e hidrogeológicas del terreno, considerando particularmente la permeabilidad y estratigrafía del suelo, así como la profundidad del nivel freático, con la finalidad de prevenir posibles afectaciones al suelo y al acuífero. Asimismo, se deberá garantizar el mantenimiento periódico del sistema, la extracción y el manejo adecuado de los lodos generados, así como su operación conforme a las especificaciones técnicas del fabricante y las disposiciones ambientales aplicables. Para mayor detalle sobre las características, componentes y funcionamiento del sistema de tratamiento propuesto, véase el anexo 7 de este estudio.*

II.6.3. LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE

Artículo 4. Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación…

Artículo 18. Los propietarios y legítimos poseedores de los predios en donde se distribuye la fauna silvestre tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat…

Artículo 30. Queda estrictamente prohibido todo acto de crueldad en contra de la fauna silvestre…

Artículo 63. La conservación del hábitat natural de la vida silvestre es de utilidad pública...

Artículo 106: Señala la obligación de toda persona de reparar los daños a la vida silvestre o su hábitat de acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Vinculación: *El proyecto no fragmentará la flora debido a que el área está actualmente perturbada, sin embargo, estas actividades serán minimizadas o compensadas restringiendo la limpieza en las áreas únicamente de la ocupación del proyecto.*

II.6.4. REGLAMENTO DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES

Artículo 134. Las personas físicas o morales que exploten, usen o aprovechen aguas en cualquier uso o actividad, están obligadas… a realizar las medidas necesarias para prevenir su contaminación y en su caso para reintegrarlas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su utilización posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas.

Artículo 135. Las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores a que se refiere la "Ley", deberán:

- **I.** Contar con el permiso de descarga de aguas residuales que les expida "La Comisión", o en su caso, presentar el aviso respectivo a que se refiere la "Ley" y este Reglamento.
- **II.** Tratar las aguas residuales previamente a su vertido a los cuerpos receptores, cuando esto sea necesario para cumplir con las obligaciones establecidas en el permiso de descarga correspondiente.
- **III.** Cubrir, cuando proceda, el derecho federal por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales.
- **IV.** Instalar y mantener en buen estado, los dispositivos de aforo y los accesos para muestreo que permitan verificar los volúmenes de descarga y las concentraciones de los parámetros previstos en los permisos de descarga.
- **V.** Informar a "La Comisión" de cualquier cambio en sus procesos, cuando con ello se ocasionen modificaciones en las características o en los volúmenes de las aguas residuales que hubieran servido para expedir el permiso de descarga correspondiente.
- **VI.** Hacer del conocimiento de "La Comisión", los contaminantes presentes en las aguas residuales que generen por causa del proceso industrial o del servicio que vienen operando, y que no estuvieran considerados originalmente en las condiciones particulares de descarga que se les hubieran fijado.
- **VII.** Operar y mantener por sí o por terceros las obras e instalaciones necesarias para el manejo y, en su caso, el tratamiento de las aguas residuales, así como para asegurar el control de la calidad de dichas aguas antes de su descarga a cuerpos receptores;
- **VIII.** Sujetarse a la vigilancia y fiscalización que para el control y prevención de la calidad del agua establezca "La Comisión", de conformidad con lo dispuesto en la "Ley" y el "Reglamento".
- **IX.** Llevar un monitoreo de la calidad de las aguas residuales que descarguen o infiltren en los términos de ley y demás disposiciones reglamentarias;

X. Conservar al menos durante tres años el registro de la información sobre el monitoreo que realicen, en los términos de las disposiciones jurídicas, normas, condiciones y especificaciones técnicas aplicables, y

XI. Las demás que señalen las leyes y disposiciones reglamentarias. Las descargas de aguas residuales de uso doméstico que no formen parte de un sistema municipal de alcantarillado, se podrán llevar a cabo con sujeción a las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan y mediante un simple aviso.

Artículo 151. Se prohíbe depositar, en los cuerpos receptores, basura, materiales, y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos.

Vinculación: *Durante la etapa de construcción se implementará una supervisión permanente para evitar la contaminación del manto freático con residuos de cualquier tipo y descargas de aguas residuales sin tratamiento. Del mismo modo el proyecto contempla la renta de sanitarios portátiles, los cuales la empresa rentadora le dará el debido mantenimiento y se encargará de darle tratamiento y una disposición final a las aguas residuales generadas. Por otra parte, durante la etapa de operación, el proyecto contempla la instalación de un Sistema Individual de Tratamiento de Aguas Residuales (SITAR), modelo DLD14®, con una capacidad nominal de tratamiento de 1,300 litros por día (1.3 m³/día), destinado al tratamiento de las aguas residuales domésticas, tanto grises como negras. Este sistema prefabricado está conformado por dos módulos de polietileno de alta densidad, con capacidades de 720 y 580 litros, respectivamente, y emplea un proceso de tratamiento biológico anaerobio mediante microorganismos BIODLD®, complementado con etapas de sedimentación y separación de sólidos. Su funcionamiento comprende cuatro etapas sucesivas que favorecen la retención de sólidos sedimentables y la degradación biológica de la materia orgánica contenida en las aguas residuales. Una vez concluido el proceso de tratamiento, el efluente será conducido al mecanismo de disposición final contemplado para el proyecto, cuya viabilidad deberá sustentarse en las características físicas e hidrogeológicas del terreno, considerando particularmente la permeabilidad y estratigrafía del suelo, así como la profundidad del nivel freático, con la finalidad de prevenir posibles afectaciones al suelo y al acuífero. Asimismo, se deberá garantizar el mantenimiento periódico del sistema, la extracción y el manejo adecuado de los lodos generados, así como su operación conforme a las especificaciones técnicas del fabricante y las disposiciones ambientales aplicables. Para mayor detalle sobre las características, componentes y funcionamiento del sistema de tratamiento propuesto, véase el anexo 7 de este estudio.*

II.6.1. LEY GENERAL DE ASENTAMIENTOS HUMANOS, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO

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. Garantizar a todos los habitantes de un Asentamiento Humano o Centros de Población el acceso a la vivienda, infraestructura, equipamiento y servicios básicos, a partir de los derechos reconocidos por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y los tratados internacionales suscritos por México en la materia;

Vinculación: *El proyecto contribuye al fortalecimiento de la oferta habitacional dentro de un centro de población consolidado, mediante la construcción de la vivienda unifamiliar veraniega. La ubicación del proyecto permite el*

acceso a infraestructura urbana existente, servicios básicos, equipamiento urbano y vialidades, favoreciendo el ejercicio del derecho a la vivienda y el acceso a servicios esenciales conforme a los principios establecidos en la presente Ley.

II. Equidad e inclusión. Garantizar el ejercicio pleno de derechos en condiciones de igualdad, promoviendo la cohesión social a través de medidas que impidan la discriminación, segregación o marginación de individuos o grupos. Promover el respeto de los derechos de los grupos vulnerables, la perspectiva de género y que todos los habitantes puedan decidir entre una oferta diversa de suelo, viviendas, servicios, equipamientos, infraestructura y actividades económicas de acuerdo a sus preferencias, necesidades y capacidades;

Vinculación: *El proyecto se desarrollará en una zona con acceso a infraestructura y servicios urbanos, sin restringir el acceso o disfrute de los mismos por parte de la población local. Asimismo, no promueve prácticas discriminatorias ni genera segregación territorial, contribuyendo al aprovechamiento ordenado del suelo urbano y a la disponibilidad de opciones habitacionales dentro del municipio de Dzemul.*

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, respetando los derechos y límites previstos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y esta Ley. El interés público prevalecerá en la ocupación y aprovechamiento del territorio;

Vinculación: *El proyecto se desarrollará en un predio de propiedad privada, acreditándose legalmente la tenencia del inmueble y respetando las disposiciones de uso de suelo, desarrollo urbano y protección ambiental aplicables. Su ejecución se realizará conforme a la normatividad vigente, garantizando el ejercicio legítimo del derecho de propiedad sin menoscabo del interés público ni del equilibrio ambiental.*

IV. Coherencia y racionalidad. Adoptar perspectivas que promuevan el ordenamiento territorial y el Desarrollo Urbano de manera equilibrada, armónica, racional y congruente, acorde a los planes y políticas nacionales; así como procurar la eficiencia y transparencia en el uso de los recursos públicos;

Vinculación: *El proyecto es congruente con los instrumentos de planeación territorial y urbana vigentes, incluyendo los programas de ordenamiento ecológico y desarrollo urbano aplicables al municipio de Dzemul. Asimismo, aprovecha infraestructura existente y evita la expansión desordenada de la mancha urbana, favoreciendo un crecimiento racional y compatible con las políticas de ordenamiento territorial.*

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. Así como evitar rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas y que el Crecimiento urbano ocurra sobresuelos agropecuarios de alta calidad, áreas naturales protegidas o bosques, y

Vinculación: *El proyecto incorpora medidas orientadas al uso eficiente de los recursos naturales, incluyendo el manejo adecuado de aguas residuales, la conservación de áreas con vegetación nativa, el rescate y reubicación de flora y fauna silvestre y la implementación de medidas de mitigación ambiental. Asimismo, se desarrollará dentro de un predio urbano previamente intervenido, evitando la ocupación de áreas naturales protegidas o ecosistemas conservados.*

X. Accesibilidad universal y movilidad. Promover una adecuada accesibilidad universal que genere cercanía y favorezca la relación entre diferentes actividades urbanas con medidas como la flexibilidad de Usos del suelo compatibles y densidades sustentables, un patrón coherente de redes viales primarias, la distribución jerarquizada de los equipamientos y una efectiva Movilidad que privilegie las calles completas, el transporte público, peatonal y no motorizado.

Vinculación: *El diseño del proyecto contempla accesos internos, andadores peatonales y conexión con la red vial existente, favoreciendo la movilidad segura de los usuarios. La ubicación dentro de una zona urbana consolidada permite el acceso a servicios y equipamientos sin requerir la apertura de nuevas vialidades o infraestructura de gran escala.*

Artículo 6. En términos de lo dispuesto en el artículo 27, párrafo tercero de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, son de interés público y de beneficio social los actos públicos tendentes a establecer Provisiones, Reservas, Usos del suelo y Destinos de áreas y predios de los Centros de Población, contenida en los planes o programas de Desarrollo Urbano.

Son causas de utilidad pública:

I. La Fundación, Conservación, Mejoramiento, consolidación y Crecimiento de los Centros de Población;

Vinculación: *El proyecto contribuye a la consolidación del centro de población de Dzemul mediante el aprovechamiento de suelo urbano disponible, fortaleciendo la oferta de vivienda y promoviendo el desarrollo ordenado de la localidad.*

II. La ejecución y cumplimiento de planes o programas a que se refiere esta Ley;

Vinculación: *El proyecto es compatible con los instrumentos de planeación territorial y ambiental aplicables, por lo que contribuye al cumplimiento de las estrategias de ocupación y aprovechamiento del suelo previstas en dichos instrumentos.*

III. La constitución de Reservas territoriales para el Desarrollo Urbano;

Vinculación: *La presente fracción no resulta aplicable de manera directa, toda vez que el proyecto se desarrollará en un predio privado previamente incorporado al desarrollo urbano y no implica la creación de nuevas reservas territoriales.*

IV. La regularización de la tenencia de la tierra en los Centros de Población;

Vinculación: *No aplica de manera directa, ya que el predio cuenta con régimen de propiedad definido y no forma parte de procesos de regularización fundiaria.*

V. La ejecución de obras de infraestructura, de equipamiento, de Servicios Urbanos y metropolitanos, así como el impulso de aquéllas destinadas para la Movilidad;

Vinculación: *El proyecto contempla la instalación y aprovechamiento de infraestructura básica para la prestación de servicios urbanos, incluyendo sistemas hidráulicos, sanitarios, eléctricos y accesos internos compatibles con el entorno urbano existente.*

VI. La protección del Patrimonio Natural y Cultural de los Centros de Población;

Vinculación: *Durante la ejecución del proyecto se implementarán medidas de protección ambiental encaminadas a conservar los elementos naturales presentes en el predio, incluyendo programas de rescate de flora y fauna silvestre y la conservación de áreas.*

VII. La preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección del ambiente en los Centros de Población;
Vinculación: *La Manifestación de Impacto Ambiental identifica los impactos potenciales derivados del proyecto y establece medidas preventivas y de mitigación destinadas a preservar el equilibrio ecológico y minimizar los efectos sobre los componentes ambientales del área de influencia.*

VIII. La creación, recuperación, mantenimiento y defensa del Espacio Público para uso comunitario y para la Movilidad;

Vinculación: *El proyecto no contempla la ocupación o modificación de espacios públicos existentes. Por el contrario, se desarrollará íntegramente dentro de un predio privado respetando la infraestructura y vialidades públicas existentes.*

IX. La atención de situaciones de emergencia debidas al cambio climático y fenómenos naturales, y

Vinculación: *Considerando la ubicación costera del proyecto, el diseño constructivo incorpora criterios de seguridad estructural y medidas orientadas a reducir la vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos, particularmente huracanes, inundaciones y eventos de nortes característicos de la costa norte de Yucatán.*

X. La delimitación de zonas de riesgo y el establecimiento de polígonos de protección, amortiguamiento y salvaguarda para garantizar la seguridad de las personas y de las instalaciones estratégicas de seguridad nacional.

En términos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, las expropiaciones sólo podrán hacerse por causa de utilidad pública y mediante indemnización.

Vinculación: *La caracterización ambiental desarrollada en la MIA incluye el análisis de riesgos naturales asociados al sitio, permitiendo la implementación de medidas preventivas y criterios constructivos que contribuyen a la seguridad de los usuarios y de las instalaciones.*

Artículo 65. Las normas del presente capítulo son obligatorias para todas las personas, físicas y morales, públicas o privadas y tienen por objeto establecer las especificaciones a que estarán sujetos los procesos de ocupación del territorio, tales como aprovechamientos urbanos, edificación de obras de infraestructura, Equipamiento Urbano y viviendas, en zonas sujetas a riesgos geológicos e hidrometeorológicos, a fin de prevenir riesgos a la población y evitar daños irreversibles en sus personas o sus bienes, así como para mitigar los impactos y costos económicos y sociales en los Centros de Población.

Vinculación: *El proyecto considera las condiciones ambientales y los riesgos hidrometeorológicos presentes en la región costera, particularmente aquellos relacionados con huracanes, vientos intensos, inundaciones y elevación temporal del nivel freático. Las obras se desarrollarán conforme a los criterios técnicos y constructivos aplicables, reduciendo riesgos para las personas y sus bienes.*

Artículo 74. La creación, recuperación, mantenimiento y defensa del Espacio Público para todo tipo de usos y para la Movilidad, es principio de esta Ley y una alta prioridad para los diferentes órdenes de gobierno, por lo que en los procesos de planeación urbana, programación de inversiones públicas, aprovechamiento y utilización de áreas, polígonos y predios baldíos, públicos o privados, dentro de los Centros de Población, se deberá privilegiar el diseño, adecuación, mantenimiento y protección de espacios públicos, teniendo en cuenta siempre la evolución de la ciudad.

Las autoridades de los tres órdenes de gobierno, procurarán la instrumentación de mobiliario para el estacionamiento de bicicletas y otros vehículos impulsados por tracción humana en los edificios que ocupan.

Párrafo adicionado DOF 01-12-2020

Los planes o programas municipales de Desarrollo Urbano, de conurbaciones y de zonas metropolitanas definirán la dotación de Espacio Público en cantidades no menores a lo establecido por las normas oficiales mexicanas aplicables. Privilegiarán la dotación y preservación del espacio para el tránsito de los peatones y para las bicicletas, y criterios de conectividad entre vialidades que propicien la Movilidad; igualmente, los espacios abiertos para el deporte, los parques y las plazas de manera que cada colonia, Barrio y localidad cuente con la dotación igual o mayor a la establecida en las normas mencionadas.

Los planes o programas municipales de Desarrollo Urbano incluirán los aspectos relacionados con el uso, aprovechamiento y custodia del Espacio Público, contemplando la participación social efectiva a través de la consulta, la opinión y la deliberación con las personas y sus organizaciones e instituciones, para determinar las prioridades y los proyectos sobre Espacio Público y para dar seguimiento a la ejecución de obras, la evaluación de los programas y la operación y funcionamiento de dichos espacios y entre otras acciones, las siguientes:

I. Establecer las medidas para la identificación y mejor localización de los espacios públicos con relación a la función que tendrán y a la ubicación de los beneficiarios, atendiendo las normas nacionales en la materia;

Vinculación: *El proyecto se integra a una zona urbana con infraestructura vial existente y adecuada accesibilidad para los usuarios.*

II. Crear y defender el Espacio Público, la calidad de su entorno y las alternativas para su expansión;

Vinculación: *No se afectarán espacios públicos existentes, manteniéndose las condiciones actuales de uso y acceso para la población.*

III. Definir las características del Espacio Público y el trazo de la red vial de manera que ésta garantice la conectividad adecuada para la Movilidad y su adaptación a diferentes densidades en el tiempo;

Vinculación: *El proyecto aprovecha la estructura vial existente, sin modificar la conectividad urbana de la zona.*

IV. Definir la mejor localización y dimensiones de los equipamientos colectivos de interés público o social en cada Barrio con relación a la función que tendrán y a la ubicación de los beneficiarios, como centros docentes y de salud, Espacios Públicos para la recreación, el deporte y zonas verdes destinados a parques, plazas, jardines o zonas de esparcimiento, respetando las normas y lineamientos vigentes, y

Vinculación: *La localización del proyecto permite el acceso a equipamientos urbanos, educativos, comerciales y de servicios ya establecidos dentro de la localidad.*

V. Establecer los instrumentos bajo los cuales se podrá autorizar la ocupación del espacio público, que únicamente podrá ser de carácter temporal y uso definido. Los municipios serán los encargados de velar, vigilar y proteger la seguridad, integridad y calidad del espacio público.

Vinculación: *El proyecto no contempla ocupaciones temporales ni permanentes de espacios públicos fuera de las autorizaciones que, en su caso, correspondan durante la etapa constructiva.*

Artículo 75. El uso, aprovechamiento y custodia del Espacio Público se sujetará a lo siguiente:

I. Prevalecerá el interés general sobre el particular;

Vinculación: *Las actividades del proyecto respetan el interés público al desarrollarse conforme a la normatividad ambiental y urbana vigente.*

II. Se deberá promover la equidad en su uso y disfrute;

Vinculación: *El proyecto no limita el acceso o disfrute de espacios públicos por parte de la población.*

III. Se deberá asegurar la accesibilidad universal y libre circulación de todas las personas, promoviendo espacios públicos que sirvan como transición y conexión entre barrios y fomenten la pluralidad y la cohesión social;

Vinculación: *Los accesos y andadores internos favorecerán condiciones adecuadas de circulación para los usuarios.*

IV. En el caso de los bienes de dominio público, éstos son inalienables;

Vinculación: *El proyecto no involucra bienes de dominio público.*

V. Se procurará mantener el equilibrio entre las áreas verdes y la construcción de la infraestructura, tomando como base de cálculo las normas nacionales en la materia;

Vinculación: *Se conservarán dos áreas con vegetación nativa y superficies permeables que contribuyan al equilibrio entre infraestructura y componentes naturales.*

VI. Los espacios públicos originalmente destinados a la recreación, el deporte y zonas verdes destinados a parques, jardines o zonas de esparcimiento, no podrán ser destinados a otro uso;

Vinculación: *No se modificará el uso de áreas públicas destinadas a recreación o esparcimiento.*

VII. Los instrumentos en los que se autorice la ocupación del Espacio Público solo confiere a sus titulares el derecho sobre la ocupación temporal y para el uso definido;

Vinculación: *No aplica, al no contemplarse ocupación permanente o temporal de espacios públicos.*

VIII. Se promoverá la adecuación de los reglamentos municipales que garanticen comodidad y seguridad en el Espacio Público, sobre todo para los peatones, con una equidad entre los espacios edificables y los no edificables;

Vinculación: *El proyecto respetará las disposiciones municipales relativas a seguridad y movilidad peatonal.*

IX. Se deberán definir los instrumentos, públicos o privados, que promuevan la creación de espacios públicos de dimensiones adecuadas para integrar barrios, de tal manera que su ubicación y beneficios sean accesibles a distancias peatonales para sus habitantes;

Vinculación: *No aplica de manera directa; sin embargo, el proyecto se inserta en una zona que cuenta con espacios públicos accesibles para la población.*

X. Se establecerán los lineamientos para que el diseño y traza de vialidades en los Centros de Población asegure su continuidad, procurando una cantidad mínima de intersecciones, que fomente la Movilidad, de acuerdo a las características topográficas y culturales de cada región;

Vinculación: *El desarrollo mantiene la continuidad de la red vial existente y no altera la movilidad urbana de la localidad.*

XI. Se deberá asegurar la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, la calidad formal e imagen urbana, la Conservación de los monumentos y el paisaje y mobiliario urbano, y

Vinculación: *Las medidas ambientales propuestas contribuyen a la conservación del paisaje urbano y al mantenimiento del equilibrio ecológico local.*

XII. En caso de tener que utilizar suelo destinado a Espacio Público para otros fines, la autoridad tendrá que justificar sus acciones para dicho cambio en el uso de suelo, además de sustituirlo por otro de características, ubicación y dimensiones similares.

Los municipios vigilarán y protegerán la seguridad, integridad, calidad, mantenimiento y promoverán la gestión del Espacio Público con cobertura suficiente. Todos los habitantes tienen el derecho de denunciar, ante las

autoridades correspondientes, cualquier acción que atente contra la integridad y condiciones de uso, goce y disfrute del Espacio Público.

Vinculación: *El proyecto no contempla cambios de uso o afectaciones sobre espacios públicos existentes.*

Artículo 76. Las leyes locales establecerán las disposiciones tendientes a que los planes y programas de Desarrollo Urbano que implementen acciones de Densificación, garanticen una dotación suficiente de espacios públicos por habitante y conectividad con base en las normas aplicables, por medio de la adquisición y habilitación de espacios públicos adicionales a los existentes dentro del polígono sujeto a Densificación.

Igualmente establecerán que los predios que, con base en la normatividad aplicable, los fraccionadores y desarrolladores estén obligados a ceder al municipio para ser destinados a áreas verdes y equipamientos, no puedan ser residuales, estar ubicados en zonas inundables o de riesgos, o presentar condiciones topográficas más complicadas que el promedio del fraccionamiento o conjunto urbano.

Vinculación: *El proyecto corresponde a una vivienda unifamiliar ubicado en un predio urbano consolidado. Asimismo, las áreas destinadas para su conservación y espacios libres previstos dentro del diseño no se localizan en zonas de riesgo, inundación o condiciones topográficas desfavorables, siendo congruentes con los criterios de ordenamiento urbano y sustentabilidad aplicables.*

II.6.1. LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

Artículo 2o. Esta Ley tiene por objeto:

I. Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero;

Vinculación: *El proyecto se vincula con esta fracción al integrarse dentro de un esquema de planeación territorial ordenada, sustentado en instrumentos de ordenamiento ecológico y urbano, así como en factibilidades de uso de suelo emitidas por la autoridad municipal. En un contexto de alta vulnerabilidad costera, donde la elevación del nivel del mar y los eventos hidrometeorológicos extremos incrementan el riesgo de inundación, el desarrollo incorpora medidas que favorecen la adaptación, tales como la conservación del 31.75% del predio. Estas acciones contribuyen a mantener funciones ecosistémicas clave, como la regulación hídrica y la reducción de escurrimientos superficiales, disminuyendo la exposición al riesgo de inundación y favoreciendo el derecho a un ambiente sano.*

II. Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para que México contribuya a lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático considerando, en su caso, lo previsto por el artículo 2o.de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma;

Vinculación: *Si bien el proyecto no representa una fuente relevante de emisiones de gases de efecto invernadero en su fase operativa, su diseño incorpora elementos que contribuyen indirectamente a la mitigación, como la preservación de cobertura vegetal y el uso de especies nativas en las áreas destiadas para su conservación, lo que*

favorece la captura de carbono y la regulación microclimática. En zonas costeras vulnerables, estas acciones son relevantes, ya que contribuyen a amortiguar los efectos del cambio climático a escala local, reduciendo la intensidad de fenómenos asociados como el aumento de temperatura y la modificación de los patrones de precipitación.

III. Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático;

Vinculación: *El proyecto presenta una clara vinculación con esta fracción al incorporar medidas específicas de adaptación orientadas a las condiciones particulares de la planicie costera yucateca. Entre ellas destaca el diseño de áreas que favorecen la infiltración de agua al subsuelo, la conservación de áreas naturales que funcionan como zonas de amortiguamiento, lo que evita presiones adicionales sobre el acuífero y reduce el riesgo de intrusión salina ante escenarios de aumento del nivel del mar. Asimismo, la implementación de una SITAR contribuye a prevenir la contaminación del acuífero, fortaleciendo la resiliencia ambiental del sitio.*

V. Fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de adaptación y mitigación al cambio climático;

Vinculación: *El cumplimiento de esta fracción se materializa a través de la incorporación de prácticas de manejo sustentable dentro del proyecto, las cuales, aunque de escala local, representan mecanismos de difusión y adopción de estrategias de adaptación al cambio climático. El adecuado manejo de aguas residuales, el uso de infraestructura verde, la conservación de vegetación nativa y la integración de criterios de diseño urbano sustentable constituyen ejemplos de aplicación de conocimiento técnico que pueden ser replicables en otros desarrollos de la región costera. Estas acciones contribuyen a generar conciencia ambiental y a fortalecer capacidades locales para enfrentar los efectos del cambio climático.*

Artículo 26. En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán los principios de:
I. Sustentabilidad en el aprovechamiento o uso de los ecosistemas y los elementos naturales que los integran;

Vinculación: *El proyecto se vincula con este principio al incorporar un modelo de ocupación del territorio que mantiene un equilibrio entre el desarrollo urbano y la conservación ambiental. La preservación del 31.75% del predio como áreas de conservación y el uso de vegetación nativa, permite conservar funciones ecosistémicas clave como la infiltración de agua, la regulación microclimática y el mantenimiento de hábitats. En un contexto de planicie costera vulnerable, estas acciones contribuyen a disminuir la susceptibilidad a inundaciones y a mantener la resiliencia del sistema ante el aumento del nivel del mar.*

II. Corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general, en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático;

Vinculación: *La vinculación se sustenta en el hecho de que el proyecto se desarrolla conforme a autorizaciones y factibilidades emitidas por autoridades municipales, alineándose con instrumentos de planeación territorial. Asimismo, al integrar infraestructura ambientalmente adecuada —como sistema de tratamiento de aguas residuales (SITAR DLD14)— el promovente asume su corresponsabilidad en la implementación de medidas de adaptación al cambio climático, reduciendo riesgos para la población y el entorno.*

III. Precaución, cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, la falta de total certidumbre científica no deberá utilizarse como razón para posponer las medidas de mitigación y adaptación para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático;

Vinculación: *El proyecto adopta un enfoque precautorio al considerar desde su diseño las condiciones de vulnerabilidad asociadas a la ubicación en una planicie costera. Aun cuando no exista certeza absoluta sobre la magnitud futura del incremento del nivel del mar, se incorporan medidas como la conservación de áreas con vegetación natural, la infiltración pluvial y la no extracción de agua subterránea, evitando presiones adicionales sobre el acuífero y reduciendo la probabilidad de impactos graves o irreversibles.*

IV. Prevención, considerando que ésta es el medio más eficaz para evitar los daños al medio ambiente y preservar el equilibrio ecológico ante los efectos del cambio climático;

Vinculación: *Este principio se refleja en la planeación integral del desarrollo, la cual evita la ocupación desordenada del territorio y considera infraestructura adecuada para el manejo de escurrimientos pluviales, reduciendo el riesgo de inundaciones. La implementación de un sistema de tratamiento adecuado (SITAR DLD14) previene la contaminación del acuífero kárstico, lo cual es fundamental en zonas costeras donde la calidad del agua puede verse comprometida por la intrusión salina y la contaminación difusa.*

V. Adopción de patrones de producción y consumo por parte de los sectores público, social y privado para transitar hacia una economía de bajas emisiones en carbono;

Vinculación: *El proyecto promueve indirectamente patrones de consumo más eficientes mediante la incorporación de infraestructura urbana que optimiza el uso del agua y fomenta el manejo adecuado de residuos. La disposición de servicios dentro del propio desarrollo (áreas comerciales y equipamiento) reduce desplazamientos y contribuye a una menor huella ambiental, lo cual es relevante en escenarios de cambio climático.*

VI. Integralidad y transversalidad, adoptando un enfoque de coordinación y cooperación entre órdenes de gobierno, así como con los sectores social y privado para asegurar la instrumentación de la política nacional de cambio climático;

Vinculación: *La ejecución del proyecto implica la coordinación entre distintos niveles de gobierno y sectores, al alinearse con instrumentos de ordenamiento ecológico, urbano y normatividad ambiental aplicable. Esta integración permite abordar de manera transversal la problemática de vulnerabilidad costera, asegurando que el desarrollo sea compatible con las políticas de adaptación al cambio climático.*

VII. Participación ciudadana, en la formulación, ejecución, monitoreo y evaluación de la Estrategia Nacional, planes y programas de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático;

Vinculación: *Si bien el proyecto es de iniciativa privada, su desarrollo contempla espacios comunes y áreas de convivencia que fomentan la cohesión social y la apropiación del entorno por parte de los residentes. Esto facilita la implementación de prácticas colectivas de manejo ambiental, fundamentales para la adaptación en contextos de riesgo costero.*

VIII. Responsabilidad ambiental, quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar al medio ambiente, estará obligado a prevenir, minimizar, mitigar, reparar, restaurar y, en última instancia, a la compensación de los daños que cause;

Vinculación: *El promovente asume la responsabilidad de prevenir, mitigar y, en su caso, compensar los impactos ambientales derivados del proyecto. Esto se refleja en la conservación de áreas con vegetación natural, el manejo adecuado de aguas residuales y residuos sólidos, y la integración de medidas que reducen la vulnerabilidad ante inundaciones, en congruencia con la obligación de proteger el medio ambiente.*

IX. El uso de instrumentos económicos en la mitigación, adaptación y reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático incentiva la protección, preservación y restauración del ambiente; el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, además de generar beneficios económicos a quienes los implementan;

Vinculación: *El proyecto representa una inversión que incorpora criterios de sustentabilidad, lo cual genera beneficios económicos asociados a la valorización del entorno y la reducción de riesgos. La integración de infraestructura adecuada y la conservación ambiental actúan como mecanismos que incentivan la protección del medio ambiente y reducen costos futuros asociados a daños por eventos climáticos.*

X. Transparencia, acceso a la información y a la justicia, considerando que los distintos órdenes de gobierno deben facilitar y fomentar la concientización de la población, poniendo a su disposición la información relativa al cambio climático y proporcionando acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos pertinentes atendiendo a las disposiciones jurídicas aplicables;

Vinculación: *La elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental y el cumplimiento de los procesos de evaluación garantizan el acceso a la información relevante sobre el proyecto y sus implicaciones ambientales. Esto contribuye a la toma de decisiones informadas y a la vigilancia social en materia de cambio climático.*

XI. Conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los humedales, manglares, arrecifes, dunas, zonas y lagunas costeras, que brindan servicios ambientales, fundamental para reducir la vulnerabilidad**;**

Fracción reformada DOF 13-07-2018

Vinculación: *El proyecto contribuye a este principio al mantener áreas de conservación que preservan la vegetación de duna costera y su biodiversidad asociada. Aunque no se localiza directamente sobre humedales o manglares, la conservación de cobertura vegetal en una planicie costera es fundamental para mantener servicios ambientales que reducen la vulnerabilidad, como la infiltración y la estabilización del suelo.*

XII. Compromiso con la economía y el desarrollo económico nacional, para lograr la sustentabilidad sin vulnerar su competitividad frente a los mercados internacionales, y

Fracción reformada DOF 13-07-2018

Vinculación: *El desarrollo impulsa la actividad económica local mediante la generación de infraestructura y servicios, sin comprometer la sustentabilidad ambiental. Esto permite un equilibrio entre crecimiento económico y adaptación al cambio climático, evitando impactos que puedan afectar la competitividad o la viabilidad a largo plazo.*

XIII. Progresividad, las metas para el cumplimiento de esta Ley deberán presentar una progresión y gradualidad a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales, y en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza; asimismo, se deberá considerar la necesidad de recibir apoyos de los países desarrollados para lograr la aplicación efectiva de las medidas que se requieran para su cumplimiento; sin que represente un retroceso respecto a metas anteriores, considerando, la mejor información científica disponible y los avances tecnológicos, todo ello en el contexto del desarrollo sostenible.

Fracción adicionada DOF 13-07-2018

Al adoptar medidas para hacer frente al cambio climático, se deberán respetar irrestrictamente los derechos humanos, el derecho a la salud, los derechos de los pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas, las comunidades locales, los migrantes, los niños, las personas con discapacidad y las personas en situaciones de vulnerabilidad y el derecho al desarrollo, así como la igualdad de género, el empoderamiento de la mujer y la equidad intergeneracional.

Vinculación: *El proyecto se inserta en una lógica de mejora continua al incorporar criterios actuales de diseño urbano sustentable y adaptación al cambio climático, sin representar retrocesos respecto a prácticas anteriores. La integración de medidas como la no extracción de agua subterránea y el tratamiento de aguas residuales refleja la adopción de mejores prácticas disponibles, contribuyendo a la reducción progresiva de la vulnerabilidad ambiental.*

Artículo 31. La política nacional de mitigación de Cambio Climático deberá incluir, a través de los instrumentos de planeación, política y los instrumentos económicos previstos en la presente ley, un diagnóstico, planificación, medición, monitoreo, reporte, verificación y evaluación de las emisiones nacionales.

Esta política deberá establecer planes, programas, acciones, instrumentos económicos, de política y regulatorios para el logro gradual de metas de reducción de emisiones específicas, por sectores y tomando como referencia los escenarios de línea base y líneas de base por sector que se establezcan en los instrumentos previstos por la presente Ley, considerando las contribuciones determinadas a nivel nacional para el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París, el acceso a recursos financieros, la transferencia de tecnología y el desarrollo de capacidades, así como cualquier otro tratado internacional suscrito por el Estado mexicano en materia de cambio climático.

Párrafo reformado DOF 13-07-2018

La política debe cuidar que la línea base a comprometer por México no limite el crecimiento económico del país, y en la elaboración de dicha línea deben participar los sectores productivos, en coordinación con los organismos nacionales que intervengan en la política económica.

Párrafo adicionado DOF 13-07-2018

Vinculación: *El proyecto se alinea con los principios de planeación, medición y control implícitos en la política nacional de mitigación, al desarrollarse bajo un esquema de ordenamiento territorial previamente autorizado, evitando la expansión urbana descontrolada en zonas costeras. Este aspecto es particularmente relevante en regiones con alta susceptibilidad a inundación por elevación del nivel del mar, donde la ocupación irregular incrementa significativamente la exposición al riesgo.*

La integración de infraestructura urbana planificada, la conservación del 31.75% del predio y la incorporación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (SITAR) permiten reducir emisiones indirectas asociadas a cambios de uso de suelo, manejo inadecuado de residuos y descargas sin tratamiento. Asimismo, el proyecto contribuye a establecer una línea base ambiental más controlada respecto a escenarios de crecimiento no regulado, lo cual es consistente con los instrumentos de medición y evaluación de emisiones establecidos en la política nacional.

Artículo 32. La política nacional de mitigación se instrumentará con base en un principio de gradualidad, promoviendo el fortalecimiento de capacidades nacionales para la mitigación de emisiones y la adaptación a los efectos adversos del cambio climático, priorizando en los sectores de mayor potencial de reducción hasta culminar en los que representan los costos más elevados, además de atender los compromisos internacionales de los Estados Unidos Mexicanos en la materia.

Para aquellas políticas y actividades que impliquen o que trasladen un costo al sector privado o a la sociedad en general, y que no existan recursos o fuentes internacionales de financiamiento que puedan
cubrir los costos para la implementación de dichas políticas y actividades, éstas podrán instrumentarse en dos fases, cuando exista área de oportunidad para los sectores regulados.

Párrafo reformado DOF 06-11-2020

Vinculación: *El proyecto se apega al principio de gradualidad al integrar, desde su fase de planeación, un conjunto de medidas de mitigación y adaptación técnicamente viables, económicamente factibles y ambientalmente pertinentes para el contexto costero del norte de Yucatán. Este enfoque permite fortalecer capacidades locales sin imponer cargas desproporcionadas, priorizando acciones de alto impacto ambiental positivo y bajo costo relativo, como el ordenamiento territorial, la conservación de cobertura vegetal y la gestión sustentable del agua.*

Asimismo, el proyecto contribuye a la reducción de vulnerabilidad climática al evitar esquemas de urbanización dispersa en zonas susceptibles a inundación, consolidando un modelo de ocupación compacta, planificada y resiliente.

I. Fomento de capacidades nacionales en la cual, las políticas y actividades a ser desarrolladas, deberán implementarse con carácter voluntario, con el objetivo de fortalecer las capacidades de los sectores regulados, considerando:

a) Análisis de las distintas herramientas y mecanismos existentes para la reducción de emisiones en el sector actividad objeto de estudio, incluyendo el costo de la implementación de cada uno de ellos;

Vinculación: *El proyecto incorpora herramientas de mitigación indirecta altamente efectivas en el sector de desarrollo urbano, tales como: conservación del 31.75% del predio, implementación de áreas de conservación,*

infraestructura de drenaje pluvial sustentable y un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (SITAR DLD14). Estas medidas representan mecanismos de bajo costo relativo y alto beneficio ambiental, al reducir emisiones asociadas al cambio de uso de suelo, manejo inadecuado de aguas residuales y pérdida de cobertura vegetal, factores clave en zonas costeras vulnerables.

b) Análisis de las formas de medición, reporte y verificación de las herramientas y mecanismos a ser utilizados;

Vinculación: *Si bien el proyecto no constituye una fuente emisora directa significativa, contempla infraestructura susceptible de monitoreo operativo (SITAR, consumo de agua, manejo de residuos), lo que permite establecer esquemas de control y seguimiento indirecto de eficiencia ambiental. Esto es congruente con los principios de medición y verificación establecidos en la política climática.*

c) Análisis de la determinación de Líneas Bases para el sector objeto de estudio;

Vinculación: *El desarrollo parte de un escenario base caracterizado por vegetación secundaria de duna costera, lo que implica que el sitio ya presenta alteraciones previas. Esta condición permite establecer una línea base ambiental realista, donde las acciones del proyecto no generan una pérdida significativa de funciones ecosistémicas primarias, sino que permiten su estabilización mediante conservación y restauración parcial.*

d) Estudio de las consecuencias económicas y sociales del establecimiento de cada uno de dichas herramientas y mecanismos, incluyendo transferencia de costos a otros sectores de la sociedad o consumidores finales;

Vinculación: *El proyecto genera beneficios sociales al ofrecer infraestructura planificada y reducir riesgos asociados a asentamientos irregulares en zonas inundables. Desde el punto de vista económico, evita costos futuros derivados de daños por eventos hidrometeorológicos, lo que representa una estrategia costo-efectiva frente a escenarios de cambio climático. No se identifican transferencias negativas de costos hacia la población, sino beneficios en términos de seguridad, servicios y calidad de vida.*

e) Análisis de la competitividad de los productos mexicanos en el mercado internacional, después de que se haya aplicado la herramienta o mecanismo objeto de estudio, en el sector analizado, si ese fuere el caso;

Vinculación: *El desarrollo fortalece la competitividad regional al incorporar criterios de sustentabilidad y resiliencia climática, lo que incrementa su valor frente a modelos tradicionales de urbanización. Este enfoque es consistente con tendencias internacionales de desarrollo costero responsable.*

f) Determinación de las metas de reducción de emisiones que deberá alcanzar el sector analizado, considerando su contribución en la generación de reducción del total de emisiones en el país, y el costo de la reducción o captura de emisiones;

Vinculación: *Aunque el proyecto no establece metas cuantificadas de reducción, contribuye de manera indirecta a la disminución de emisiones mediante: reducción de cambio de uso de suelo descontrolado, conservación de sumideros de carbono y optimización de servicios urbanos. Estas acciones se alinean con los objetivos nacionales de mitigación.*

g) Análisis sobre el sector de generación de electricidad, incluyendo los costos de las externalidades sociales y ambientales, así como los costos de las emisiones en la selección de las fuentes para la generación de energía eléctrica;

Vinculación: *El proyecto no incorpora generación eléctrica propia; sin embargo, su diseño permite la integración futura de tecnologías de energía limpia (paneles solares, eficiencia energética), lo cual facilita la reducción progresiva de emisiones asociadas al consumo energético.*

h) Análisis del desempeño del sector industrial sujeto de medidas de mitigación comparado con indicadores de producción en otros países y regiones;

Vinculación: *No aplica directamente, dado que el proyecto corresponde al sector habitacional. No obstante, no genera presiones adicionales sobre sectores industriales ni incrementa emisiones asociadas.*

II. Establecimiento de metas de reducción de emisiones específicas, considerando la contribución de los sectores respectivos en las emisiones de gases o compuestos efecto invernadero en el país, considerando:

a) La disponibilidad de recursos financieros y tecnológicos en los sectores comprendidos en las metas de reducción específicas, a alcanzarse a través de los instrumentos previstos por la presente ley;

Vinculación: *El proyecto se desarrolla con tecnologías disponibles y probadas en el contexto regional (Sistema SITAR), lo que garantiza su viabilidad técnica y económica sin requerir inversiones extraordinarias. Esto permite su implementación efectiva sin depender de financiamiento internacional.*

b) El análisis costo- eficiencia de las políticas y acciones establecidas para la reducción de emisiones por sector, priorizando aquellas que promuevan una mayor reducción de emisiones al menor costo.

Vinculación: *Las medidas adoptadas presentan una alta relación costo-beneficio, ya que con inversiones relativamente moderadas (conservación de áreas con vegetación nativa, infraestructura hidráulica adecuada, planeación urbana) se logran beneficios significativos en términos de mitigación de emisiones y reducción de vulnerabilidad climática. Particularmente, la eliminación de extracción de agua subterránea y la implementación de un SITAR representan acciones altamente eficientes para proteger el acuífero y evitar impactos acumulativos en zonas costeras.*

Artículo 33. Los objetivos de las políticas públicas para la mitigación son:

I. Promover la protección del medio ambiente, el desarrollo sustentable y el derecho a un medio ambiente sano a través de la mitigación de emisiones;

Vinculación: *El proyecto contribuye directamente a la protección ambiental mediante la conservación del 31.75% del predio con vegetación de duna costera, lo que permite mantener funciones ecosistémicas clave como captura de carbono, infiltración hídrica y regulación micro climática. Estas condiciones son particularmente relevantes en planicies costeras, donde la pérdida de cobertura vegetal incrementa la*

vulnerabilidad ante inundaciones y eventos extremos. En este sentido, el desarrollo promueve un entorno ambientalmente equilibrado, compatible con el derecho a un medio ambiente sano.

II. Reducir las emisiones nacionales, a través de políticas y programas, que fomenten la transición a una economía sustentable, competitiva y de bajas emisiones en carbono, incluyendo instrumentos de mercado, incentivos y otras alternativas que mejoren la relación costo- eficiencia de las medidas específicas de mitigación, disminuyendo sus costos económicos y promoviendo la competitividad, la transferencia de tecnología y el fomento del desarrollo tecnológico;

Vinculación: *El proyecto reduce emisiones indirectas al evitar la expansión urbana desordenada, principal fuente de cambio de uso de suelo y pérdida de sumideros de carbono. Asimismo, al incorporar infraestructura planificada, y una SITAR, se optimizan los servicios urbanos, reduciendo costos ambientales y mejorando la eficiencia del desarrollo. Este modelo favorece una economía local más ordenada, competitiva y alineada con principios de sustentabilidad.*

III. Promover de manera gradual la sustitución del uso y consumo de los combustibles fósiles por fuentes renovables de energía, así como la generación de electricidad a través del uso de fuentes renovables de energía;

Vinculación: *Aunque el proyecto no contempla generación energética propia, su diseño urbano permite la incorporación futura de tecnologías renovables en viviendas y áreas comunes (por ejemplo, sistemas fotovoltaicos), facilitando una transición gradual hacia esquemas de menor emisión de carbono, sin requerir modificaciones estructurales.*

IV. Promover prácticas de eficiencia energética, el desarrollo y uso de fuentes renovables de energía y la transferencia y desarrollo de tecnologías bajas en carbono, particularmente en bienes muebles e inmuebles de dependencias y entidades de la administración pública federal centralizada y paraestatal, de las entidades federativas y de los municipios;

Vinculación: *El diseño del proyecto incorpora criterios de eficiencia en la infraestructura urbana, tales como alumbrado público eficiente, distribución compacta de servicios y reducción de desplazamientos internos. Estas condiciones disminuyen el consumo energético y, por ende, las emisiones asociadas, contribuyendo indirectamente a la mitigación del cambio climático.*

V. Promover de manera prioritaria, tecnologías de mitigación cuyas emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero sean bajas en carbono durante todo su ciclo de vida;

Vinculación: *La implementación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (SITAR DLD14) constituye una tecnología clave de mitigación, al evitar emisiones de metano derivadas de la descomposición orgánica no controlada.*

VI. Promover la alineación y congruencia de los programas, presupuestos, políticas y acciones de los tres órdenes de gobierno para frenar y revertir la deforestación y la degradación de los ecosistemas forestales;

Vinculación: *El proyecto evita procesos de deforestación significativa al desarrollarse sobre vegetación secundaria y conservar áreas naturales dentro del predio. Esta estrategia reduce la fragmentación del hábitat y mantiene funciones ecológicas esenciales, lo cual es fundamental en zonas costeras donde la degradación ambiental incrementa la exposición a riesgos climáticos.*

VII. Medir, reportar y verificar las emisiones;

Vinculación: *El proyecto incorpora infraestructura susceptible de monitoreo operativo (consumo de agua, funcionamiento de la SITAR, manejo de residuos), lo que permite establecer mecanismos de seguimiento y control ambiental, en congruencia con los principios de medición y verificación de emisiones.*

VIII. Reducir la quema y venteo de gas para disminuir las pérdidas en los procesos de extracción y en los sistemas de distribución y garantizar al máximo el aprovechamiento del gas en instalaciones industriales, petroleras, gaseras y de refinación;

Vinculación: *No aplica directamente al proyecto; sin embargo, no se generan actividades que impliquen emisiones por quema o venteo de gas, por lo que no contraviene este objetivo.*

IX. Promover el aprovechamiento del gas asociado a la explotación de los yacimientos minerales de carbón;

Vinculación: *No aplica, dado que el proyecto no está relacionado con actividades mineras.*

X. Promover la cogeneración eficiente para evitar emisiones a la atmósfera;

Vinculación: *El proyecto no contempla procesos de cogeneración; sin embargo, su diseño es compatible con la integración futura de tecnologías energéticas eficientes.*

XI. Promover el aprovechamiento del potencial energético contenido en los residuos;

Vinculación: *Si bien no se contempla generación energética a partir de residuos, el proyecto incluye un sistema de manejo integral de residuos sólidos urbanos, lo que permite su adecuada disposición y potencial valorización futura, evitando emisiones de metano por disposición inadecuada.*

XII. Promover el incremento del transporte público, masivo y con altos estándares de eficiencia, privilegiando la sustitución de combustibles fósiles y el desarrollo de sistemas de transporte sustentable urbano y suburbano, público y privado;

Vinculación: *El diseño urbano compacto reduce la necesidad de desplazamientos largos, favoreciendo recorridos cortos y eficientes. Asimismo, la integración del desarrollo a la red vial existente evita la dispersión urbana en zonas costeras vulnerables, reduciendo emisiones asociadas al transporte y disminuyendo la exposición de la población a riesgos por ubicación en zonas inundables.*

XIII. Desarrollar incentivos económicos y fiscales para impulsar el desarrollo y consolidación de industrias y empresas socialmente responsables con el medio ambiente;

Vinculación: *El proyecto, al incorporar criterios de sustentabilidad, se posiciona como susceptible de acceder a incentivos económicos y esquemas de financiamiento para desarrollos responsables, promoviendo la inversión en infraestructura resiliente y ambientalmente adecuada.*

XIV. Promover la canalización de recursos internacionales y recursos para el financiamiento de proyectos y programas de mitigación de gases y compuestos efecto invernadero en los sectores público, social y privado;

Vinculación: *Las características del proyecto (conservación ambiental, manejo del agua, infraestructura sustentable) lo hacen compatible con mecanismos de financiamiento climático, tanto nacionales como internacionales, orientados a mitigación y adaptación.*

XV. Promover la participación de los sectores social, público y privado en el diseño, la elaboración y la instrumentación de las políticas y acciones nacionales de mitigación, y

Vinculación: *El desarrollo se enmarca dentro de un proceso regulado que involucra a autoridades municipales, estatales y federales, así como a actores privados, promoviendo la corresponsabilidad en la implementación de acciones de mitigación y ordenamiento territorial.*

XVI. Promover la competitividad y crecimiento para que la industria nacional satisfaga la demanda nacional de bienes, evitando la entrada al país, de productos que generan emisiones en su producción con regulaciones menos estrictas que las que cumple la industria nacional.

Vinculación: *El proyecto fortalece la competitividad regional al promover un modelo de desarrollo urbano sustentable, alineado con estándares ambientales, lo cual incrementa su valor frente a esquemas tradicionales de urbanización no planificada.*

Artículo 34. Para reducir las emisiones, las dependencias y entidades de la administración pública federal, las Entidades Federativas y los Municipios, en el ámbito de su competencia, promoverán el diseño y la elaboración de políticas y acciones de mitigación asociadas a los sectores correspondientes, considerando las disposiciones siguientes:

I. Reducción de emisiones en la generación y uso de energía:

a) Fomentar prácticas de eficiencia energética y promover el uso de fuentes renovables de energía; así como la transferencia de tecnología de bajas en emisiones de carbono, de conformidad con la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento para la Transición Energética.

Vinculación: *El proyecto incorpora criterios de eficiencia energética en el diseño urbano y arquitectónico, incluyendo alumbrado público eficiente y potencial integración de tecnologías de bajo consumo energético. Estas medidas reducen la huella de carbono del desarrollo y contribuyen indirectamente a mitigar los efectos del cambio climático, particularmente relevantes en planicies costeras como las del norte de Yucatán, donde el incremento del nivel del mar representa un riesgo creciente.*

b) Desarrollar y aplicar incentivos a la inversión tanto pública como privada en la generación de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables y tecnologías de cogeneración eficiente. Dichos incentivos se incluirán en la Estrategia Nacional, la Estrategia Nacional de Energía, la Prospectiva del Sector Eléctrico y en el Programa Sectorial de Energía.

Vinculación: *Si bien el proyecto es de carácter habitacional, su diseño permite la incorporación futura de infraestructura basada en energías renovables, lo cual es congruente con la promoción de inversiones en tecnologías limpias. Esto contribuye a reducir emisiones acumulativas a escala regional, favoreciendo la resiliencia climática de la zona costera.*

c) Establecer los mecanismos viables técnico económicamente que promuevan el uso de mejores prácticas, para evitar las emisiones fugitivas de gas en las actividades de extracción, transporte, procesamiento y utilización de hidrocarburos.

Vinculación: *El proyecto no contempla actividades industriales ni de hidrocarburos; sin embargo, su diseño evita emisiones innecesarias mediante la planeación eficiente de infraestructura, contribuyendo a minimizar impactos indirectos asociados a fugas o pérdidas energéticas.*

d) Incluir los costos de las externalidades sociales y ambientales, así como los costos de las emisiones en la selección de las fuentes para la generación de energía eléctrica.

Vinculación: *El desarrollo considera criterios ambientales en la selección de materiales y sistemas constructivos, internalizando parcialmente los costos ambientales asociados a emisiones, lo que se traduce en una menor presión sobre ecosistemas costeros vulnerables.*

e) Fomentar la utilización de energías renovables para la generación de electricidad, de conformidad con la legislación aplicable en la materia.

Vinculación: *Se promueve el uso de tecnologías eficientes en el consumo eléctrico tanto en viviendas como en infraestructura común, lo cual contribuye de manera directa a la reducción de la demanda energética del desarrollo y, en consecuencia, a la disminución de emisiones indirectas de gases de efecto invernadero asociadas a la generación de electricidad. En este sentido, el proyecto es compatible con la incorporación de diversas tecnologías de alta eficiencia y bajo impacto ambiental, entre las que destacan:*

El uso de sistemas de iluminación LED en vialidades, áreas comunes y viviendas, los cuales presentan un consumo energético significativamente menor en comparación con tecnologías convencionales, además de una mayor vida útil y menor generación de calor. Asimismo, se contempla la instalación de sensores de movimiento, fotoceldas y temporizadores en alumbrado público y áreas comunes, permitiendo optimizar el uso de la energía en función de la ocupación y condiciones de iluminación natural.

En el ámbito residencial, se favorece la incorporación de electrodomésticos y equipos con certificación de eficiencia energética, así como sistemas de aire acondicionado tipo inverter, los cuales ajustan su funcionamiento a la demanda térmica real, reduciendo el consumo eléctrico en climas cálidos como el de la costa yucateca. De igual manera, el diseño arquitectónico de las viviendas puede integrar criterios bioclimáticos, como orientación

adecuada, ventilación cruzada, aislamiento térmico y uso de materiales reflectantes, disminuyendo la necesidad de enfriamiento artificial.

En términos de infraestructura urbana, el proyecto contempla la posibilidad de incorporar sistemas de monitoreo energético, que permitan identificar oportunidades de mejora continua en el uso de la energía.

Adicionalmente, el proyecto es técnicamente compatible con la implementación de sistemas fotovoltaicos a nivel doméstico, lo cual permitiría la generación de energía limpia in situ, reduciendo la dependencia de la red eléctrica convencional y, por ende, las emisiones asociadas. También se pueden integrar sistemas de bombeo eficientes con variadores de frecuencia en instalaciones hidráulicas y un sistema de tratamiento de aguas residuales (SITAR DLD14).

En conjunto, la adopción de estas tecnologías no solo reduce la huella de carbono del desarrollo, sino que también fortalece su resiliencia frente a escenarios de cambio climático, particularmente en zonas costeras donde la eficiencia energética contribuye a disminuir la presión sobre sistemas eléctricos vulnerables ante fenómenos extremos como huracanes o interrupciones en el suministro energético.

f) Promover la transferencia de tecnología y financiamiento para reducir la quema y venteo de gas, para disminuir las pérdidas de éste, en los procesos de extracción y en los sistemas de distribución, y promover su aprovechamiento sustentable.

Vinculación: *Aunque no aplica directamente al proyecto, la reducción de emisiones en cadenas energéticas externas beneficia indirectamente al desarrollo, al disminuir la presión climática sobre la región costera.*

g) Desarrollar políticas y programas que tengan por objeto la implementación de la cogeneración eficiente para reducir las emisiones.

Vinculación: *El proyecto no incluye sistemas de cogeneración; sin embargo, su baja intensidad energética y diseño eficiente contribuyen a la reducción global de emisiones.*

h) Fomentar prácticas de eficiencia energética, y de transferencia de tecnología bajas en emisiones de carbono.

Vinculación: *En el desarrollo del proyecto se prioriza la incorporación de tecnologías de alta eficiencia energética en los sistemas de alumbrado y en los servicios asociados a la infraestructura urbana, lo cual se traduce en una reducción significativa de la demanda eléctrica y, en consecuencia, de las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero asociadas a la generación de energía. En particular, se contempla el uso de luminarias tipo LED de última generación para vialidades, áreas comunes y espacios recreativos, las cuales presentan eficiencias luminosas superiores a 120 lm/W, mayor vida útil (hasta 50,000 horas) y menores requerimientos de mantenimiento en comparación con tecnologías convencionales como vapor de sodio o halogenuros metálicos.*

Asimismo, se prevé la implementación de sistemas de control inteligente de alumbrado que permiten la regulación automática de la intensidad lumínica en función de la presencia de usuarios o de horarios de baja demanda, optimizando el consumo energético. Complementariamente, se considera el uso de sensores de movimiento y

ocupación para iluminación interior, así como la integración de equipos eléctricos de alta eficiencia (clasificación tipo A o superior), lo que reduce el consumo energético base del desarrollo.

De manera adicional, el proyecto contempla el diseño de infraestructura eléctrica preparada para la posible integración futura de sistemas de generación distribuida mediante fuentes renovables, particularmente sistemas fotovoltaicos en techumbres de edificaciones comunes, lo que permitiría disminuir aún más la huella de carbono del desarrollo a lo largo de su vida útil. Estas medidas, en conjunto, no solo contribuyen a la mitigación de emisiones, sino que también fortalecen la capacidad de adaptación al cambio climático al reducir la dependencia energética y los costos operativos, alineándose con los principios de eficiencia, sostenibilidad y resiliencia establecidos en la política nacional de cambio climático.

i) Expedir disposiciones jurídicas y elaborar políticas para la construcción de edificaciones sustentables, incluyendo el uso de materiales ecológicos y la eficiencia y sustentabilidad energética.

Vinculación: *El diseño integral del proyecto incorpora criterios avanzados de arquitectura bioclimática y construcción sustentable orientados a optimizar el desempeño energético de las edificaciones y, simultáneamente, a reducir la vulnerabilidad ante fenómenos asociados al cambio climático, particularmente en zonas costeras con riesgo de incremento del nivel del mar, altas temperaturas y eventos meteorológicos extremos. En este sentido, se prioriza la orientación adecuada de la vivienda y edificaciones para maximizar la ventilación cruzada natural, aprovechando los vientos dominantes de la región, lo que permite disminuir la necesidad de sistemas de climatización artificial y, por ende, el consumo energético.*

Asimismo, se contempla el uso de materiales constructivos con propiedades térmicas adecuadas al clima cálido subhúmedo de la región, tales como muros con alta inercia térmica, recubrimientos reflectantes en azoteas (cool roofs), aislantes térmicos y acabados que reducen la ganancia de calor, contribuyendo a mantener condiciones de confort térmico al interior de los espacios. Estas estrategias pasivas son fundamentales para mitigar el efecto de isla de calor urbana y mejorar la habitabilidad en escenarios de incremento de temperatura.

De igual forma, el proyecto integra soluciones de diseño que favorecen la resiliencia ante lluvias intensas y posibles inundaciones, como la elevación de niveles de desplante en edificaciones críticas, el uso de pavimentos permeables en áreas seleccionadas y la conservación de áreas naturales que funcionan como zonas de amortiguamiento hidrológico (dos áreas de conservación). Estas medidas permiten reducir la escorrentía superficial, favorecer la recarga del acuífero y minimizar riesgos asociados a encharcamientos o anegamientos.

Adicionalmente, se promueve la incorporación de tecnologías complementarias en las edificaciones, como calentadores solares de agua, iluminación natural optimizada mediante tragaluces o ventanas estratégicamente ubicadas, y equipos eléctricos de alta eficiencia, lo que contribuye a reducir la demanda energética global del desarrollo. En conjunto, estas acciones no solo disminuyen las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero, sino que fortalecen la capacidad adaptativa del proyecto frente a condiciones climáticas adversas, alineándose con los principios de sostenibilidad, eficiencia y resiliencia establecidos en la política nacional de cambio climático.

II. Reducción de emisiones en el Sector Transporte:

a) Promover la inversión en la construcción de ciclovías o infraestructura de transporte no motorizado, así como la implementación de reglamentos de tránsito que promuevan el uso de la bicicleta.

Vinculación: *El proyecto contempla caminos internos seguros y funcionales que permiten la movilidad no motorizada, reduciendo la dependencia del automóvil y las emisiones asociadas.*

d) Crear mecanismos que permitan mitigar emisiones directas e indirectas relacionadas con la prestación de servicios públicos, planeación de viviendas, construcción y operación de edificios públicos y privados, comercios e industrias.

Vinculación: *La infraestructura del proyecto ha sido concebida bajo un enfoque integral de planeación urbana sustentable que permite mitigar tanto emisiones directas como indirectas asociadas a la prestación de servicios públicos, la construcción y la operación de viviendas, así como de áreas comerciales y de servicios. En este sentido, el diseño del desarrollo incorpora redes de infraestructura eficientes y de baja demanda energética, incluyendo sistemas de distribución de agua potable conectados al sistema municipal —evitando extracción local —, así como un sistema de drenaje sanitario centralizado que conduce las aguas residuales hacia un sistema SITAR, lo cual evita la contaminación del subsuelo y cuerpos de agua.*

En términos de energía, se prevé la implementación de infraestructura eléctrica optimizada, con alumbrado basado en tecnología LED de alta eficiencia, sistemas de control automatizado (fotoceldas, temporizadores y sensores de movimiento), y la preparación de instalaciones para la incorporación futura de sistemas de generación distribuida mediante energía solar fotovoltaica en áreas comunes y edificaciones de servicios. Esto contribuye a disminuir la demanda energética total del desarrollo y, por ende, las emisiones indirectas asociadas a la generación de electricidad.

Adicionalmente, el proyecto contempla un sistema de manejo integral de residuos sólidos urbanos, con áreas específicas para separación, almacenamiento temporal y recolección, lo que permite disminuir emisiones de metano mediante una gestión adecuada de residuos orgánicos e inorgánicos.

En conjunto, estos mecanismos permiten que la operación del desarrollo se realice bajo un esquema de eficiencia en el uso de recursos, reducción de emisiones y fortalecimiento de la resiliencia urbana, alineándose con los objetivos de mitigación del cambio climático y con un modelo de crecimiento ordenado en zonas con vulnerabilidad ambiental, como las planicies costeras susceptibles a inundaciones y efectos del incremento del nivel del mar.

e) Establecer programas que promuevan el trabajo de oficina en casa, cuidando aspectos de confidencialidad, a fin de reducir desplazamientos y servicios de los trabajadores.

Vinculación: *Si bien no aplica directamente, la reducción de traslados laborales puede ser favorecida por la cercanía de servicios dentro de la localidad de Dzemul.*

f) Coordinar, promover y ejecutar programas de permuta o renta de vivienda para acercar a la población a sus fuentes de empleo y recintos educativos.

Vinculación: *El proyecto se integra a la estructura urbana existente, favoreciendo la cercanía a centros de trabajo y servicios.*

g) Desarrollar instrumentos económicos para que las empresas otorguen el servicio de transporte colectivo a sus trabajadores hacia los centros de trabajo, a fin de reducir el uso del automóvil.

Vinculación: *No aplica directamente; sin embargo, el diseño urbano eficiente contribuye a reducir la necesidad de transporte intensivo.*

III. Reducción de emisiones y captura de carbono en el sector de agricultura, bosques y otros usos del suelo y preservación de los ecosistemas y la biodiversidad:

a) Mantener e incrementar los sumideros de carbono.

Vinculación: *El proyecto contribuye de manera directa al mantenimiento e incremento de sumideros de carbono mediante la conservación del 31.75% del predio (317.50 m²) como áreas de conservación. Estas dos áreas que se mantendrán con vegetación son las que conservan mejor la cobertura vegetal del predio ya que la mayor parte del predio presenta escasa cobertura vegetal de tipo herbácea. Asimismo, la incorporación de áreas de conservación adicionales con especies nativas favorece la captura progresiva de carbono, contribuyendo a la regulación del microclima local. Este aspecto resulta particularmente relevante en zonas costeras, donde el aumento de temperatura y la elevación del nivel del mar incrementan la vulnerabilidad ambiental, siendo los sumideros de carbono un componente clave en la mitigación del cambio climático y en la resiliencia territorial.*

b) Frenar y revertir la deforestación y la degradación de los ecosistemas forestales y ampliar las áreas de cobertura vegetal y el contenido de carbono orgánico en los suelos, aplicando prácticas de manejo sustentable en terrenos ganaderos y cultivos agrícolas.

Vinculación: *El predio del proyecto no presenta vegetación forestal, sin embargo, a través de este proyecto se evitarán procesos de degradación de ecosistemas que integran áreas de conservación y zonas urbanizadas de manera planificada, limitando la remoción de cobertura vegetal a superficies estrictamente necesarias. Al tratarse de vegetación secundaria, el diseño incorpora medidas de restauración ecológica en las áreas de conservación, favoreciendo la recuperación de funciones ecosistémicas, incremento de biomasa y mejora en el contenido de carbono orgánico del suelo. Este enfoque reduce la fragmentación del hábitat y mantiene conectividad ecológica interna, lo cual es fundamental para la estabilidad de ecosistemas en planicies costeras sujetas a presiones por cambio de uso de suelo y eventos climáticos extremos.*

c) Reconvertir las tierras agropecuarias degradadas a productivas mediante prácticas de agricultura sustentable o bien, destinarlas para zonas de conservación ecológica y recarga de acuíferos.

Vinculación: *Aunque el predio no corresponde a uso agropecuario activo, de acuerdo a los muestreos realizados presenta características de perturbación previa, por lo que el proyecto actúa como un esquema de reconversión hacia un uso planificado que incorpora dos zonas de conservación ecológica y áreas de infiltración. Las superficies no impermeabilizadas, favorecen la recarga del acuífero kárstico, elemento crítico en la región del norte de Yucatán. Esta condición es especialmente relevante frente al riesgo de intrusión salina asociado al*

incremento del nivel del mar, ya que la recarga hídrica contribuye al equilibrio del sistema hidrológico subterráneo.

d) Fortalecer los esquemas de manejo sustentable y la restauración de bosques, selvas, humedales y ecosistemas costero-marinos, en particular los manglares y los arrecifes de coral.

Vinculación: *El proyecto fortalece indirectamente los esquemas de conservación y restauración al preservar remanentes con vegetación mejor conservada de duna costera y promover su manejo pasivo, evitando su degradación futura. Si bien no se ubica sobre ecosistemas como manglares o arrecifes, reconoce su importancia en la protección costera y contribuye a disminuir presiones sobre estos sistemas al evitar desarrollos desordenados. La integración de corredores verdes internos (áreas de conservación) así como barda perimetral bahareque que mantienen el libre tránsito de especies y favorece la conectividad ecológica, lo cual es clave para la resiliencia de la biodiversidad en un contexto de cambio climático.*

e) Incorporar gradualmente más ecosistemas a esquemas de conservación entre otros: pago por servicios ambientales, de áreas naturales protegidas, unidades de manejo forestal sustentable, y de reducción de emisiones por deforestación y degradación evitada.

Vinculación: *Las áreas de conservación del proyecto presentan potencial para integrarse a esquemas voluntarios de conservación, tales como programas de pago por servicios ambientales o iniciativas locales de conservación de biodiversidad. Esto fortalece la permanencia de servicios ecosistémicos como captura de carbono, regulación hídrica y hábitat para fauna, contribuyendo a la reducción de vulnerabilidad ambiental en la región.*

f) Fortalecer el combate de incendios forestales y promover e incentivar la reducción gradual de la quema de caña de azúcar y de prácticas de roza, tumba y quema.

Vinculación: *El proyecto cuenta con vegetación secundaria de duna costera, es decir, el área no cuenta con vegetación forestal, sin embargo, para reducir cualquier tipo de incendios forestales alrededor, el retiro de vegetación se realizará de manera controlada, evitando realizar prácticas tradicionales de quema.*

g) Fomentar sinergias entre programas y subsidios para actividades ambientales y agropecuarias, que contribuyan a fortalecer el combate a incendios forestales.

Vinculación: *El desarrollo es compatible con la implementación de programas institucionales de prevención de incendios y manejo ambiental, facilitando la coordinación con autoridades locales y estatales. La planeación del proyecto permite integrar acciones de monitoreo y respuesta temprana ante contingencias ambientales, fortaleciendo la gestión del riesgo.*

h) Diseñar y establecer incentivos económicos para la absorción y conservación de carbono en las áreas naturales protegidas y las zonas de conservación ecológica.

Vinculación: *La conservación de dos áreas con vegetación natural dentro del polígono del proyecto representa una inversión directa en capital natural, que puede traducirse en beneficios económicos a largo plazo mediante la valorización de servicios ecosistémicos. Este enfoque es congruente con la implementación de incentivos para la conservación de carbono, contribuyendo a la sustentabilidad del desarrollo y a la mitigación del cambio climático.*

i) Diseñar políticas y realizar acciones para la protección, conservación y restauración de la vegetación riparia en el uso, aprovechamiento y explotación de las riberas o zonas federales, de conformidad con las disposiciones aplicables de la Ley de Aguas Nacionales.

Vinculación: *Si bien, el predio no presenta cuerpos de agua superficiales permanentes, su ubicación en una región kárstica implica una estrecha relación con el acuífero subterráneo. El proyecto protege las condiciones de infiltración mediante conservación de dos áreas con vegetación nativa mejor desarrollada, evitando procesos de contaminación y favoreciendo la calidad del agua subterránea, lo cual es fundamental para la resiliencia hídrica en zonas costeras vulnerables.*

IV. Reducción de emisiones en el sector residuos:

Vinculación: *El proyecto incorpora un sistema integral de gestión de residuos sólidos urbanos, incluyendo almacenamiento temporal en condiciones controladas, separación de residuos y disposición adecuada. Esto reduce la generación de emisiones de metano, un gas de efecto invernadero con alto potencial de calentamiento global. La adecuada gestión de residuos también evita la contaminación de suelos y acuíferos, contribuyendo a la estabilidad ambiental en una región altamente vulnerable.*

a) Desarrollar acciones y promover el desarrollo y la instalación de infraestructura para minimizar y valorizar los residuos, así como para reducir y evitar las emisiones de metano provenientes de los residuos sólidos urbanos.

Vinculación: *La infraestructura proyectada permite la implementación de estrategias de reducción, reutilización y reciclaje de residuos, disminuyendo su disposición final y las emisiones asociadas. Esto es particularmente relevante en zonas costeras, donde la acumulación de residuos puede agravar procesos de degradación ambiental y aumentar la vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos.*

V. Reducción de emisiones en el Sector de Procesos Industriales:

a) Desarrollar programas para incentivar la eficiencia energética en las actividades de los procesos industriales.

Vinculación: *Si bien el proyecto no contempla procesos industriales como tal, su concepción y operación se alinean con los principios de eficiencia energética aplicables a desarrollos urbanos. En este sentido, el diseño del fraccionamiento incorpora infraestructura de bajo consumo energético, como sistemas de alumbrado público eficiente, diseño urbano que favorece ventilación natural y reducción de cargas térmicas en edificaciones, así como la posible integración de tecnologías eficientes en la vivienda. Estas acciones reducen la demanda energética indirecta asociada al desarrollo, lo que contribuye a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero en la cadena de generación eléctrica. Este enfoque es particularmente relevante en contextos costeros, donde la eficiencia energética reduce la presión sobre sistemas energéticos vulnerables ante eventos extremos como huracanes y tormentas, fortaleciendo la resiliencia del sistema urbano.*

b) Desarrollar mecanismos y programas que incentiven la implementación de tecnologías limpias en los procesos industriales, que reduzcan el consumo energético y la emisión de gases y compuestos de efecto invernadero.

Vinculación: *Aunque el proyecto no integra procesos industriales, sí promueve indirectamente la adopción de tecnologías limpias en su infraestructura y servicios. Esto incluye el uso potencial de equipos eficientes en bombeo, sistema de tratamiento de aguas residuales (SITAR), iluminación y sistemas eléctricos, así como la posibilidad de incorporar energías renovables a nivel doméstico o comunitario. Asimismo, las áreas comerciales previstas dentro del desarrollo podrán adoptar tecnologías de bajo consumo energético, alineándose con criterios de sustentabilidad. Este enfoque reduce la huella de carbono del conjunto urbano y contribuye a la mitigación del cambio climático, lo cual es clave en zonas costeras donde el aumento del nivel del mar y la intensificación de eventos climáticos extremos incrementan la vulnerabilidad de la infraestructura.*

c) Incentivar, promover y desarrollar el uso de combustibles fósiles alternativos que reduzcan el uso de combustibles fósiles.

Vinculación: *El proyecto favorece indirectamente la reducción del uso de combustibles fósiles mediante un diseño urbano que promueve la movilidad interna eficiente, la cercanía entre servicios y vivienda, y la disminución de desplazamientos largos. Esto se traduce en una menor dependencia del transporte basado en combustibles fósiles. Adicionalmente, la infraestructura del desarrollo es compatible con la futura incorporación de tecnologías energéticas más limpias, como sistemas eléctricos eficientes o incluso movilidad eléctrica. Esta transición contribuye a la reducción de emisiones y, por ende, a disminuir los efectos del cambio climático que inciden directamente en la vulnerabilidad de las planicies costeras, particularmente ante fenómenos como la elevación del nivel del mar y la intensificación de inundaciones.*

VI. Educación y cambios de patrones de conducta, consumo y producción:

a) Instrumentar programas que creen conciencia del impacto en generación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero en patrones de producción y consumo.

Vinculación: *El proyecto contempla áreas comunes y espacios comunitarios que facilitan la implementación de programas de educación ambiental dirigidos a residentes y usuarios. A través de estos espacios, se pueden desarrollar campañas de concientización sobre el uso eficiente del agua, la energía, la correcta disposición de residuos y la importancia de reducir la huella de carbono. Este tipo de acciones es fundamental en regiones costeras, donde la sensibilización social contribuye a reducir prácticas que incrementan la vulnerabilidad ambiental, como la sobreexplotación de recursos o la contaminación de acuíferos.*

b) Desarrollar programas que promuevan patrones de producción y consumo sustentables en los sectores público, social y privado a través de incentivos económicos; fundamentalmente en áreas como la generación y consumo de energía, el transporte y la gestión integral de los residuos.

Vinculación: *El modelo de desarrollo propuesto impulsa un esquema de comunidad autosuficiente, donde la proximidad entre vivienda, comercio y servicios reduce la necesidad de consumo energético intensivo en transporte. Asimismo, la infraestructura de manejo de residuos permite implementar prácticas de separación y valorización, incentivando hábitos responsables en la población. La integración de áreas de conservación fomenta un uso más equilibrado de los recursos naturales. En conjunto, estas acciones promueven patrones de consumo sustentables que contribuyen a la mitigación del cambio climático y a la reducción de la vulnerabilidad en la zona costera.*

c) Incentivar y reconocer a las empresas e instituciones que propicien que sus trabajadores y empleados tengan domicilio cercano a los centros de trabajo, consumo, educación y entretenimiento, así como el establecimiento de jornadas de trabajo continuas.

Vinculación: *El proyecto, al integrar usos habitacionales, comerciales y de servicios en un mismo espacio, favorece la proximidad funcional entre vivienda y actividades económicas. Esto permite reducir significativamente los desplazamientos diarios, disminuyendo el consumo de combustibles fósiles y las emisiones asociadas. Este modelo urbano compacto es particularmente relevante en zonas costeras, donde la reducción de emisiones contribuye a mitigar los efectos del cambio climático, mientras que la disminución de traslados mejora la capacidad de respuesta ante eventos extremos, como inundaciones o ciclones.*

d) Desarrollar políticas e instrumentos para promover la mitigación de emisiones directas e indirectas relacionadas con la prestación de servicios públicos, planeación y construcción de viviendas, construcción y operación de edificios públicos y privados, comercios e industrias.

Vinculación: *El proyecto integra desde su etapa de planeación criterios de sustentabilidad en el diseño urbano, la construcción de infraestructura y la operación de servicios. Esto incluye la implementación de sistemas de drenaje que favorecen la infiltración, la ausencia de extracción de agua subterránea, la incorporación de una SITAR y la conservación de dos áreas naturales que ocupan más del 30% de la totalidad del predio. Estas acciones reducen tanto emisiones directas como indirectas, y fortalecen la adaptación al cambio climático. En el contexto de planicies costeras, estas medidas son fundamentales para disminuir riesgos asociados a inundaciones, intrusión salina y eventos hidrometeorológicos extremos, contribuyendo a la resiliencia del sistema urbano y al bienestar de la población.*

Artículo 35. Con el objetivo de impulsar la transición a modelos de generación de energía eléctrica a partir de combustibles fósiles a tecnologías que generen menores emisiones, la Secretaría de Energía establecerá políticas e incentivos para promover la utilización de tecnologías de bajas emisiones de carbono, considerando el combustible a utilizar.

Vinculación: *Si bien el proyecto no contempla generación energética propia, su diseño es compatible con la incorporación futura de tecnologías de bajas emisiones, como sistemas solares. Esta flexibilidad permite al desarrollo adaptarse a esquemas energéticos más limpios sin requerir modificaciones estructurales.*

Artículo 36. La Secretaría promoverá de manera coordinada con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y la Secretaría de Energía, en el ámbito de sus competencias, el establecimiento de programas para incentivar fiscal y financieramente a los interesados en participar de manera voluntaria en la realización de proyectos de reducción

de emisiones.

Vinculación: *El proyecto presenta características que lo hacen susceptible de integrarse a esquemas de financiamiento e incentivos para proyectos sustentables, particularmente en materia de manejo de agua, conservación de ecosistemas y desarrollo urbano resiliente.*

Desde la perspectiva de vulnerabilidad costera, la inversión en infraestructura planificada representa un mecanismo preventivo que reduce costos futuros asociados a daños por inundaciones, lo cual es congruente con la lógica de incentivos económicos para la mitigación y adaptación.

Artículo 37. Para los efectos de esta Ley serán reconocidos los programas y demás instrumentos de mitigación que se han desarrollado a partir del Protocolo de Kioto, la Convención, el Acuerdo de París y cualquier otro que se encuentre debidamente certificado por alguna organización con reconocimiento internacional.

Las disposiciones reglamentarias de la presente Ley establecerán los requisitos que deberán cumplirse para el reconocimiento y registro de los programas e instrumentos referidos en el presente artículo.

Vinculación: *El proyecto es congruente con los compromisos internacionales asumidos por México en materia de cambio climático, particularmente en el marco del Acuerdo de París, al contribuir a la reducción de emisiones indirectas y al fortalecimiento de la resiliencia climática.*

La integración de medidas como conservación de cobertura vegetal, manejo sustentable del agua y planeación territorial ordenada responde a enfoques reconocidos internacionalmente, como las soluciones basadas en la naturaleza, que buscan reducir simultáneamente emisiones y vulnerabilidad.

II.7. NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Durante el desarrollo del proyecto en sus diferentes etapas, se llevará a cabo el seguimiento de las siguientes Normas Oficiales Mexicanas que regulan las emisiones, las descargas o el aprovechamiento de los recursos naturales.

Aunado a lo anterior, se deberá recomendar a los diferentes contratistas que realicen el servicio en las diferentes obras que le den el mantenimiento de sus vehículos automotores y maquinaria en general para dar cabal cumplimiento a las normas oficiales mexicanas que se citan en la siguiente tabla.

Por lo que a continuación se realiza un análisis de la normatividad ambiental que incide directamente sobre el proyecto; también se indica las actividades de prevención y atenuación según lo especificado por la norma:

II.7.1. EN MATERIA DE AGUA

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

Vinculación. *Durante la etapa de preparación de sitio y de construcción del proyecto se empleará letrinas móviles para los trabajadores. Las aguas sanitarias que sean generadas, serán colectadas y tratadas por parte de la empresa prestadora del servicio (arrendadora de letrinas), por lo que no se realizarán afectaciones al manto freático. Para la etapa de operación las aguas residuales (grises y negras) se direccionan hacia el SITAR® (capacidad de 1,300 L/día), que, con base en sus procesos anaerobios y sedimentadores especializados le dará tratamiento primario y secundario, para posteriormente darle el tratamiento terciario pasando el agua por un registro clorador lo que permitirá tratar estas aguas para poder ser vertidas en un pozo de filtración y así, generar un menor impacto al manto acuífero y medio ambiente.*

II.7.2. 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.

Vinculación: *Durante las diferentes etapas del proyecto se podrían generar este tipo de residuos, de manera que se solicitará que las unidades empleadas reciban mantenimiento previo a su incorporación hacia el área del proyecto para evitar el derrame de residuos peligrosos. En caso de que durante la construcción se generen cantidades pequeñas de residuos peligrosos, su manejo deberá ser de manera independiente a los residuos domésticos. Los residuos que se generen serán identificados, controlados y manejados conforme a las especificaciones de estas normas y del reglamento de la LGPGIR. Se aplicará el procedimiento de manejo de residuos peligrosos, el cual se puede observar en el* ***Anexo 5*** *del estudio en cuestión.*

II.7.3. EN MATERIA DE FLORA Y FAUNA

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

VINCULACIÓN: *Como parte de los estudios de caracterización biológica realizados para el proyecto, se efectuaron recorridos de campo e inventarios de flora y fauna silvestre, identificándose la presencia de especies incluidas en alguna categoría de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.*

Con el propósito de prevenir y minimizar posibles afectaciones a dichas especies y a la fauna silvestre en general, previo al inicio de las actividades de preparación del sitio se implementará un Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, mediante el cual personal capacitado realizará recorridos sistemáticos en las áreas sujetas a intervención para localizar ejemplares de reptiles, aves y otros grupos faunísticos que pudieran encontrarse dentro del área de influencia directa del proyecto.

Los ejemplares que sean detectados dentro de las áreas de trabajo serán capturados mediante técnicas adecuadas que eviten daños o estrés innecesario y posteriormente serán reubicados en zonas conservadas del sistema ambiental regional que presenten condiciones apropiadas de refugio, alimentación y protección. Estas actividades serán registradas en bitácoras de campo para documentar el número de organismos rescatados y los sitios de liberación.

En el caso de las aves silvestres, previo a la limpieza del predio se realizarán inspecciones para detectar la presencia de nidos activos, refugios o sitios de reproducción. En caso de identificarse nidos con actividad reproductiva, las labores de remoción de vegetación en el área inmediata serán pospuestas temporalmente hasta que concluya el ciclo reproductivo o se determine técnicamente una medida de manejo adecuada, evitando así la afectación directa de huevos, polluelos o individuos juveniles.

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción se delimitarán físicamente las áreas autorizadas para intervención, evitando la afectación innecesaria de superficies adicionales de vegetación y reduciendo la pérdida de hábitat para la fauna local. Asimismo, se prohibirá expresamente la captura, caza, molestia, comercialización, alimentación o destrucción intencional de ejemplares de fauna silvestre por parte del personal que participe en la ejecución del proyecto.

De manera complementaria, se impartirán pláticas de inducción y capacitación ambiental a trabajadores, operadores y contratistas, con la finalidad de que reconozcan las especies protegidas registradas en el área y conozcan los procedimientos que deberán seguir en caso de localizar organismos durante el desarrollo de las actividades constructivas.

Como medida de conservación del hábitat, el proyecto mantendrá espacios con vegetación nativa que contribuirán a conservar sitios de refugio, alimentación y desplazamiento para la fauna silvestre presente en el área. Asimismo, se favorecerá el uso de especies vegetales nativas en las labores de revegetación y jardinería, promoviendo la permanencia de recursos alimenticios para aves, reptiles y otros organismos asociados al ecosistema local. Las acciones de rescate, reubicación, monitoreo y protección de fauna serán supervisadas mediante el Programa de Vigilancia Ambiental del proyecto, documentando su cumplimiento mediante reportes técnicos, registros fotográficos y bitácoras de campo.

Por lo anterior, el proyecto incorpora medidas específicas de prevención, mitigación y conservación orientadas a proteger las especies bajo alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como la fauna silvestre y especies endémicas presentes en el área, garantizando el cumplimiento de las disposiciones establecidas en dicha Norma Oficial Mexicana.

II.7.4. EN MATERIA DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA

NOM-041-SEMARNAT-2006. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que utilizan gasolina como combustible.

NOM-045-SEMARNAT-2006. Esta Norma establece los niveles máximos permisibles de capacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel o mezclas que incluyan diésel como combustible y es de observancia obligatoria para los responsables de los centros de verificación vehicular, así como para los responsables de los citados vehículos.

Vinculación: *Los camiones utilizados para la construcción de la obra deberán contar con el mantenimiento periódico requerido para evitar el desajuste de la alimentación del combustible al motor, entre otros aspectos, necesario para prevenir y controlar las emisiones de opacidad del humo.*

II.7.5. EN MATERIA DE RUIDO

NOM-080-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.

Vinculación: *Los vehículos utilizados en obra serán objeto de mantenimiento mayor periódicamente que incluya el ajuste o cambio de piezas sueltas u obsoletas, para minimizar la generación de ruido durante su operación.*

II.7.6. EN MATERIA DE SALUD

NOM-230-SSA1-2002.- Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.

VINCULACIÓN: *El proyecto contempla la construcción y operación de infraestructura sanitaria que incluye baños, lavabos, regaderas, cocinas y demás instalaciones que requerirán agua para uso y consumo humano. Por tal motivo, durante la etapa de operación se implementarán las medidas necesarias para garantizar que el suministro, almacenamiento y distribución del agua cumplan con los requisitos sanitarios establecidos en la NOM-230-SSA1-2002.*

Como parte de las actividades de operación y mantenimiento del desarrollo, se llevará a cabo la limpieza, desinfección e inspección periódica de cisternas, tinacos, tuberías y demás componentes de la red hidráulica interna, con la finalidad de conservar las condiciones sanitarias del agua distribuida a los usuarios. Estas actividades serán registradas mediante bitácoras de mantenimiento preventivo y correctivo.

Asimismo, las instalaciones hidráulicas serán diseñadas y construidas de manera que se eviten fugas, estancamientos, conexiones cruzadas o cualquier condición que pudiera comprometer la calidad del agua para uso y consumo humano. De igual forma, se verificarán periódicamente las condiciones de operación de la red interna para detectar oportunamente posibles anomalías.
Cuando resulte necesario o sea requerido por la autoridad competente, se realizarán muestreos y análisis de calidad del agua conforme a los procedimientos establecidos en la normatividad sanitaria aplicable, con la finalidad de corroborar que el agua distribuida mantiene las características necesarias para uso y consumo humano.

Durante la etapa de construcción, el agua destinada al uso de los trabajadores será suministrada mediante fuentes autorizadas y almacenada en recipientes o depósitos que garanticen condiciones higiénicas adecuadas, evitando riesgos de contaminación que pudieran afectar la salud del personal. Mediante la implementación de estas acciones de abastecimiento, almacenamiento, mantenimiento, desinfección, control sanitario y vigilancia de la calidad del agua, el proyecto garantiza condiciones adecuadas para el manejo del agua destinada al uso y consumo humano, dando cumplimiento a lo establecido en la NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA

CONTENIDO

III DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA....1
III.1 DELIMITACIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA DONDE SE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO....1
III.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO....22
III.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE)....28
III.3.1 MEDIO ABIÓTICO....28
A) CLIMA....28
B) GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA....33
C) SUELOS....36
D) HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA....39
III.3.2 MEDIO BIÓTICO....43
A) VEGETACIÓN TERRESTRE....44
B) FAUNA....90
III.3.3 PAISAJE....121
III.3.4 MEDIO SOCIOECONÓMICO....122
III.4 DIAGNOSTICO AMBIENTAL....124

III DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA

III.1 DELIMITACIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA DONDE SE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO

La delimitación de la Región Ecológica (RE) constituye la definición de una unidad geoespacial de referencia esencial para la toma de decisiones en el ámbito de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Esta delimitación puede asimilarse conceptualmente al establecimiento de los límites funcionales y estructurales de uno o varios ecosistemas presentes en la zona de implantación del proyecto. En términos operativos, el SA se concibe como una unidad ecológica integral que puede ser objetivamente caracterizada, inventariada y cartografiada, conforme a los lineamientos establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Si bien es ampliamente aceptado en la literatura científica que los ecosistemas presentan continuidad espacial y temporal y carecen de fronteras rígidas, siendo sistemas dinámicos sin escala fija, desde la perspectiva de la EIA resulta indispensable establecer un marco territorial delimitado. Esta delimitación permite definir con claridad el alcance espacial del análisis de la estructura, funcionalidad y resiliencia de los ecosistemas, así como de su respuesta ante perturbaciones inducidas por actividades antrópicas.

En consecuencia, la identificación de la RE requiere de una metodología fundamentada en un enfoque sistémico, geográfico y administrativo, orientado a la identificación y caracterización de unidades espaciales de homogeneidad relativa, como base para la elaboración de un diagnóstico ambiental con validez técnica y jurídica. Esta noción de Región Ecológica permite evaluar las interacciones e interdependencias funcionales entre los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos del territorio, y anticipar los efectos sinérgicos, acumulativos o residuales derivados de la interacción proyecto-entorno.

Para este propósito, la delimitación de la RE se representó mediante una poligonal georreferenciada, definida a través de un sistema de coordenadas que posibilita su localización precisa en plataformas cartográficas. Su relevancia dentro del proceso de evaluación ambiental radica en que constituye el ámbito de referencia permanente durante todo el procedimiento de análisis y dictaminación. La magnitud y significancia de una alteración ambiental sólo pueden valorarse en términos relativos, considerando la escala y dimensión del factor afectado dentro del SAR.

De esta aproximación derivan dos conceptos fundamentales y complementarios: área de influencia y Región Ecológica, los cuales deben ser diferenciados y delimitados con rigor técnico, según lo establecido por la guía metodológica de SEMARNAT para la elaboración de manifestaciones de impacto ambiental.

Área de influencia: corresponde al ámbito físico que abarca el máximo alcance espacial de los impactos ambientales —ya sean directos o indirectos— generados por el proyecto, afectando uno o más elementos del Región Ecológica.

Región Ecológica: es la unidad espacial acotada donde interactúan los componentes abióticos, bióticos y socioeconómicos, y que integra un conjunto de ecosistemas que conforman el marco analítico para la identificación de problemáticas, restricciones y potencialidades ambientales y de uso del territorio.

En el contexto de los estudios de impacto ambiental, estos conceptos se alinean con los términos de área de influencia directa e indirecta, que constituyen la base territorial para la descripción ecológica y socioeconómica inicial (línea base), a partir de la cual se evalúan los impactos inducidos por el proyecto.

Así, la RE se concibe como el espacio territorial en el cual se prevé la manifestación potencial de impactos ambientales, generados por actividades como el desarrollo del proyecto. Estos impactos pueden incidir sobre el Región Ecológica en su conjunto o sobre alguno de sus componentes estructurales o funcionales. En este sentido, el SA incluye de forma explícita al área de influencia, y se define como la integración espacial de las zonas expuestas tanto a impactos directos como a impactos indirectos derivados del desarrollo del proyecto.

Criterios de Delimitación de la RE

Para definir la extensión de la RE, se consideran los siguientes criterios:

1. **Limites geopolíticos (división político-administrativa)**
   a) Estado: Yucatán.
   b) Municipio: Progreso.
   c) Localidad: Chuburná Puerto.

La incorporación de la delimitación geopolítica dentro de la Región Ecológica (RE) facilita la articulación institucional entre los distintos niveles de gobierno —federal, estatal y municipal—, lo cual resulta fundamental para garantizar una gestión ambiental coordinada y efectiva. Además, esta referencia territorial proporciona certeza jurídica y operativa respecto al ámbito espacial en el que se aplicarán los instrumentos de evaluación, prevención, mitigación, compensación y monitoreo ambiental, asegurando la trazabilidad administrativa y técnica de las acciones derivadas del proyecto.

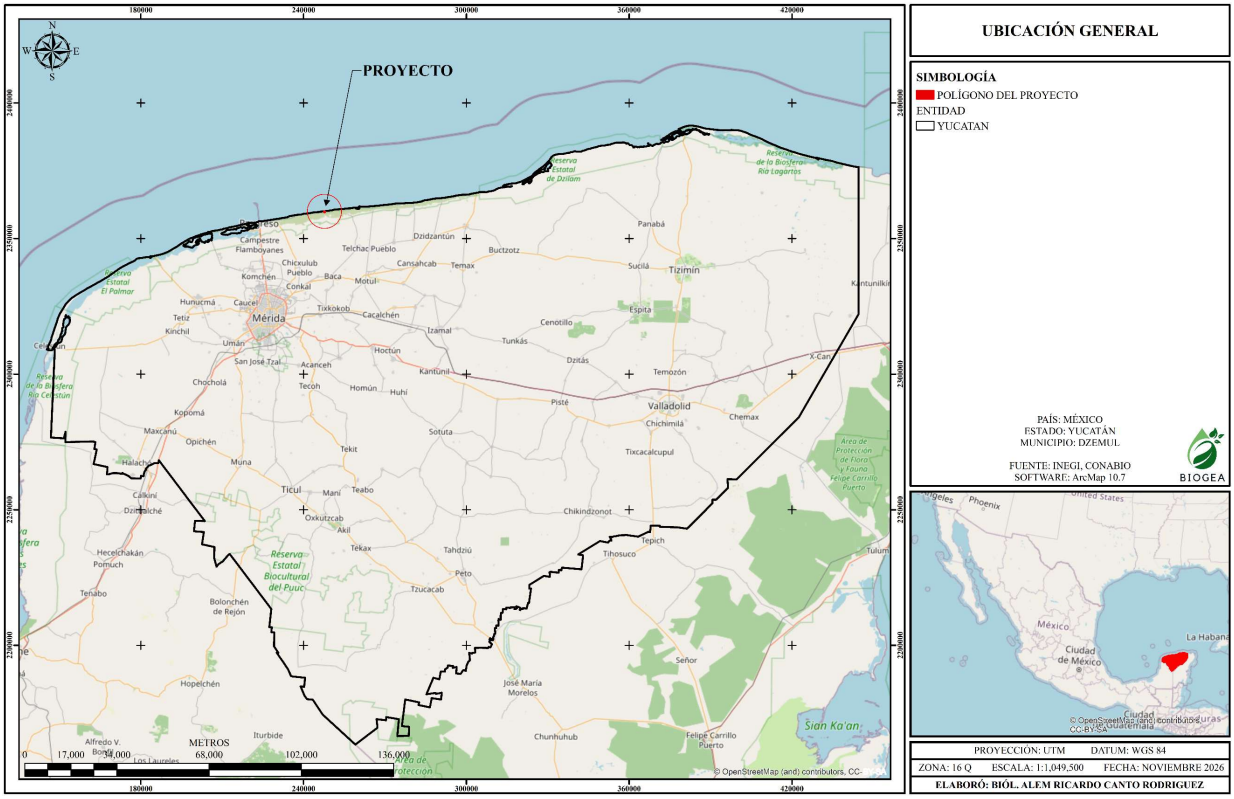


Figura III.1. Ubicación del polígono del proyecto en relación al estado de Yucatán.

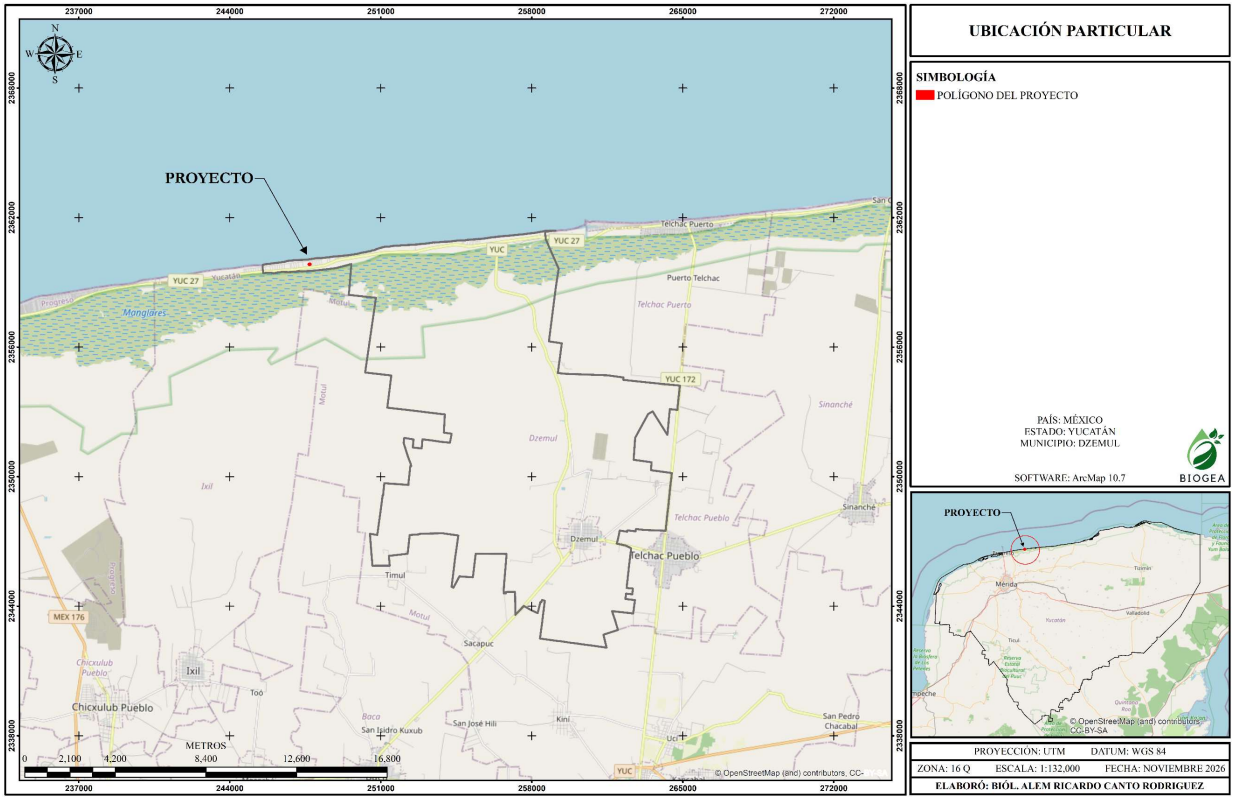


Figura III.2. Ubicación del polígono del proyecto en relación al municipio de Dzemul.

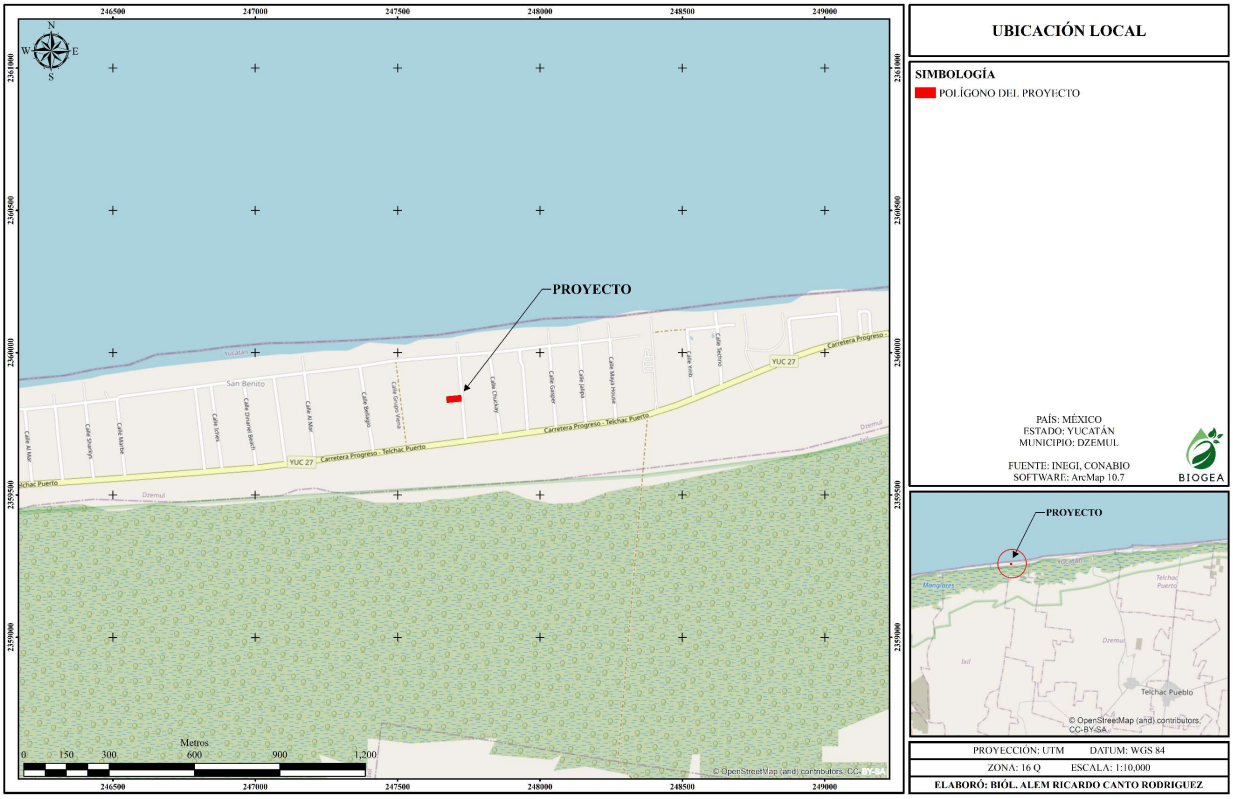


Figura III.3. Ubicación del polígono del proyecto en relación a la Localidad de Dzemul.

2. Consideración de Cuencas Hidrográficas, Subcuencas y Microcuencas

a) Región Hidrológica Administrativa (CONAGUA)
- La región XII Península de Yucatán, la cual concentra el acuífero cárstico más extenso y vulnerable de México, del cual dependen casi en su totalidad las poblaciones de Yucatán, Campeche y Quintana Roo para el abastecimiento de agua potable

b) Región Hidrológica (INEGI)
- La región RH32 Yucatán Norte, es una de las más singulares de México, ya que depende casi exclusivamente de aguas subterráneas y cenotes, lo que la convierte en un sistema altamente vulnerable pero vital para el desarrollo humano y económico de la península.

c) Cuenca Hidrológica (INEGI)
- La cuenca B Yucatán, es clave porque comprende la zona donde el acuífero peninsular abastece a gran parte del estado y sostiene la dinámica turística y urbana de la costa norte, incluyendo al municipio de Progreso.

d) Microcuencas del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)
- La microcuenca 32-132-01-0009 PROGRESO, es relevante porque representa un área crítica de gestión hídrica y ambiental en la costa norte de Yucatán. Su manejo busca equilibrar el desarrollo urbano y turístico de Progreso con la conservación de recursos hídricos subterráneos y costeros, bajo una visión de manejo integral y sustentable.

La incorporación de la jerarquía hidrológica —cuenca principal y subcuencas— en la delimitación de la Región Ecológica (RE) permite establecer una visión hidro-ecológica integral del territorio, esencial para identificar las unidades funcionales que estructuran los flujos hídricos y sedimentarios, así como las zonas de mayor vulnerabilidad ante intervenciones antrópicas.

La Región Hidrológica Administrativa XII Península de Yucatán constituye una de las zonas más relevantes a nivel nacional en términos de gestión del recurso hídrico. Se caracteriza por albergar el acuífero cárstico más extenso de México, un sistema subterráneo altamente interconectado y con particularidades geológicas que lo hacen sumamente vulnerable a la contaminación y a la sobreexplotación. A diferencia de otras regiones del país que dependen de sistemas superficiales como ríos, presas o lagos, en la península la disponibilidad de agua potable proviene casi en su totalidad de este acuífero, del cual dependen directamente las poblaciones de Yucatán, Campeche y Quintana Roo. Su manejo representa un desafío estratégico, ya que además de abastecer a más de cinco millones de habitantes, sostiene las actividades económicas predominantes, como la agricultura, el turismo y la industria. La conservación de esta región resulta indispensable para garantizar la seguridad hídrica, mitigar los riesgos de intrusión salina en zonas costeras y preservar la integridad de los ecosistemas asociados.

Por su parte, la Región Hidrológica 32 Yucatán Norte es considerada una de las más singulares y frágiles de México. Se distingue por la ausencia de escurrimientos superficiales permanentes y la total dependencia del sistema de aguas subterráneas y de cenotes, los cuales cumplen funciones fundamentales como sitios de recarga, almacenamiento y distribución del recurso hídrico.

La vulnerabilidad de esta región se acentúa por su naturaleza cárstica, ya que los suelos altamente permeables permiten una rápida filtración del agua, lo que favorece la recarga del acuífero, pero también incrementa el riesgo de que contaminantes provenientes de actividades humanas lleguen sin barreras naturales a los cuerpos subterráneos. Pese a esta fragilidad, la región es esencial para el desarrollo humano y económico de la península, pues el abastecimiento de agua a poblaciones urbanas, rurales y turísticas depende casi exclusivamente de este sistema. Asimismo, su papel en el equilibrio ecológico es determinante, ya que mantiene ecosistemas de gran valor como manglares, humedales y zonas costeras.

Dentro de esta región se localiza la cuenca B Yucatán, que reviste particular importancia debido a que constituye el núcleo funcional donde se lleva a cabo la interacción entre los procesos naturales del acuífero peninsular y las dinámicas socioeconómicas del norte del estado. Esta cuenca es la base del abastecimiento de agua para un número significativo de poblaciones, incluyendo el área metropolitana de Mérida y los municipios de la costa norte como Progreso, que concentran actividades urbanas, portuarias y turísticas de gran impacto. El manejo de la cuenca B Yucatán resulta crítico porque en ella se manifiestan los principales retos ambientales: el incremento en la demanda de agua por la expansión urbana, la generación de descargas residuales y los riesgos asociados a la intrusión salina en el manto freático, producto de la sobreexplotación y la cercanía con el mar. Además, la cuenca sostiene la dinámica turística y recreativa que constituye uno de los pilares de la economía de Yucatán, por lo que su conservación y gestión integrada resultan indispensables para garantizar la sustentabilidad del desarrollo regional.

En el nivel más específico se encuentra la microcuenca MOTUL, identificada como un espacio clave de planificación hídrica y ambiental en la costa norte de Yucatán. Esta microcuenca concentra procesos de especial relevancia debido a la coexistencia de dinámicas urbanas, portuarias y turísticas que ejercen una presión significativa sobre los recursos naturales.

La importancia de su manejo radica en la necesidad de lograr un equilibrio entre el crecimiento urbano y turístico del municipio de Progreso y la conservación de los recursos hídricos subterráneos y costeros. El FIRCO plantea una visión de manejo integral, que considera la reducción de riesgos asociados a la contaminación, la vulnerabilidad frente al cambio climático (especialmente ante fenómenos como huracanes y marejadas), y la implementación de prácticas de desarrollo sustentable. Esta microcuenca funciona, por tanto, como un espacio estratégico de gestión territorial, donde las decisiones en torno al uso del suelo, la disposición de aguas residuales y la planificación urbana deben orientarse hacia la preservación de la funcionalidad ecológica y el bienestar de las comunidades locales.

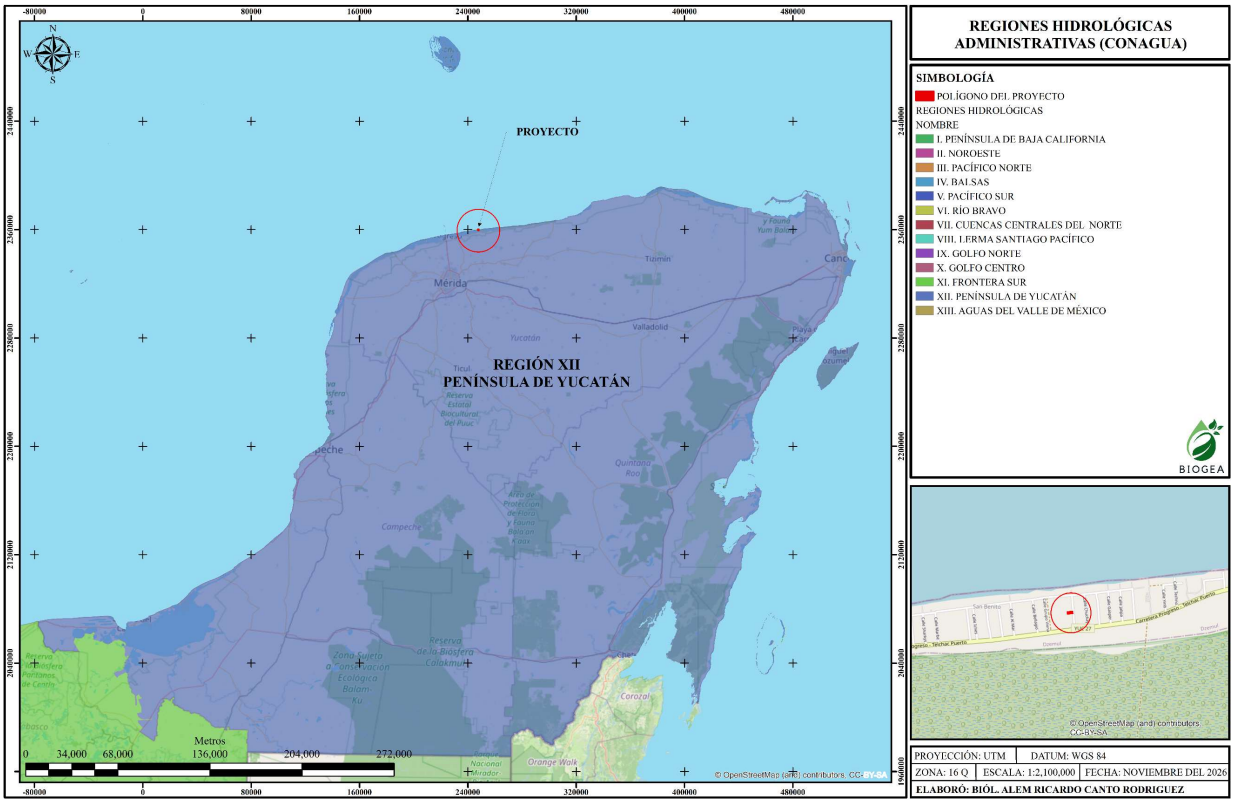


Figura III.4. Ubicación del polígono del proyecto en relación a las Regiones Hidrológicas Administrativas de la CONAGUA.

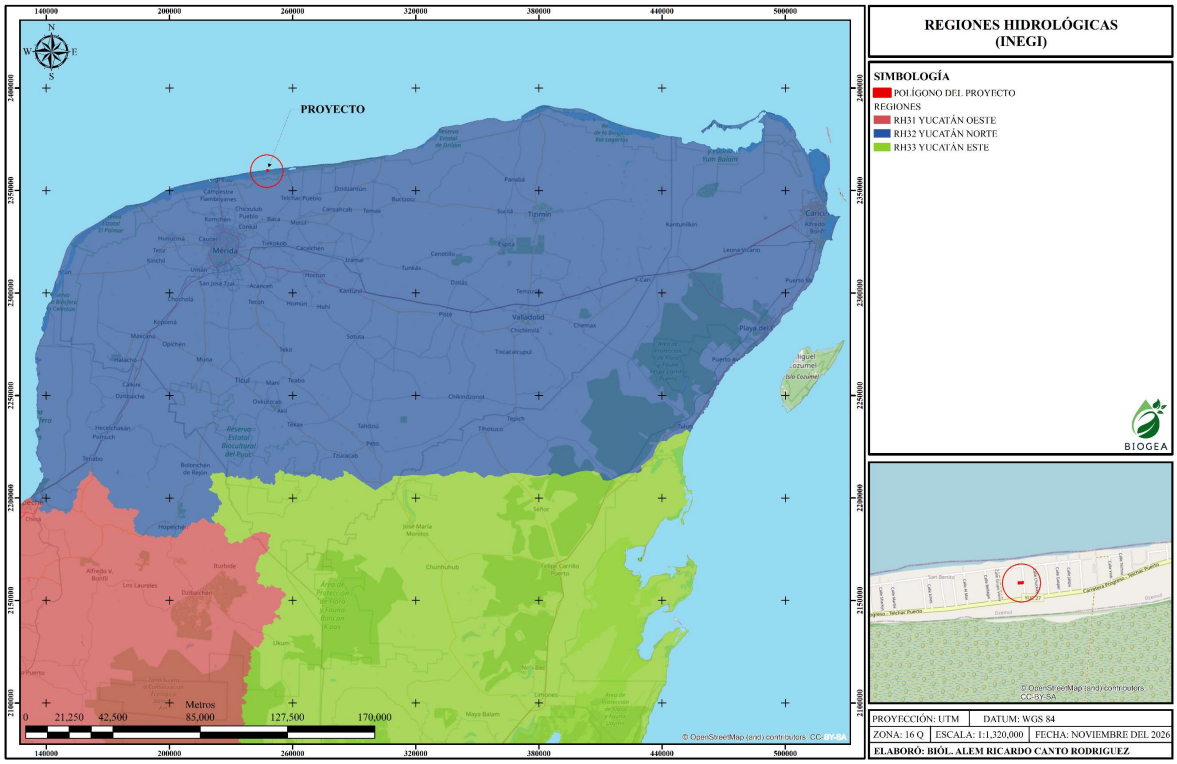


Figura III.5. Ubicación del polígono del proyecto en relación a las Regiones Hidrológicas del INEGI, como se puede apreciar este se ubica en la región RH32 YUCATÁN NORTE.

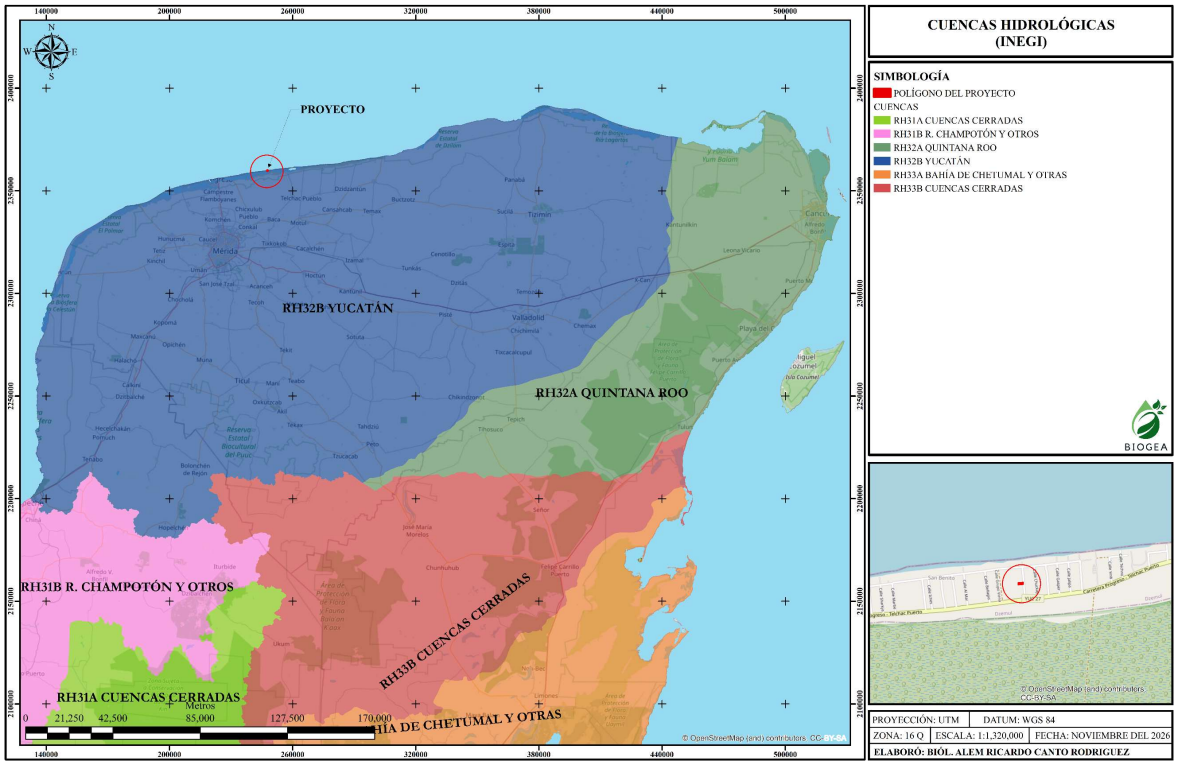


Figura III.6. Ubicación del polígono del proyecto en relación a las Cuencas Hidrográficas del INEGI, como se puede apreciar este se ubica en la región RH32B YUCATÁN.

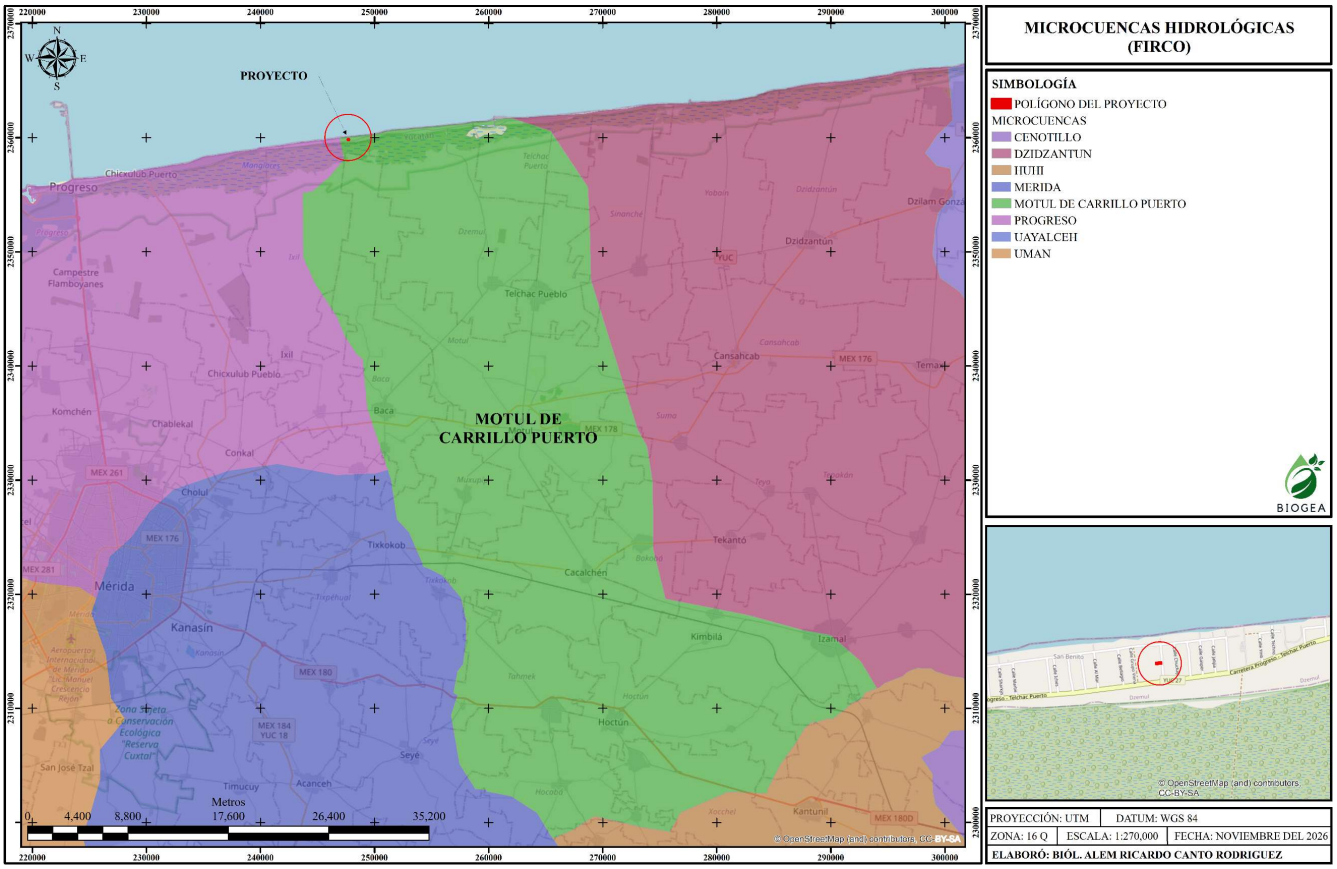


Figura III.7. Ubicación del polígono del proyecto en relación a las Microcuencas (FIRCO), como se puede apreciar este se ubica en la microcuenca MOTUL.

La inclusión explícita de estos niveles hidrológicos en el análisis ambiental fortalece el diagnóstico del SA, ya que permite anticipar impactos diferenciales, definir zonas prioritarias de mitigación, y articular medidas de manejo adaptativo que consideren la interdependencia entre el recurso hídrico, los ecosistemas asociados y la infraestructura proyectada.

3. Integración de Programas de Ordenamiento

a) Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)
- Clasifica la zona como de alta prioridad ambiental por su biodiversidad.
- Recomienda la mitigación de impactos por proyectos de gran escala.

b) Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe
- Regula de dragado y relleno en áreas marinas y costeras.
- Establece criterios para la preservación de ecosistemas marinos y estuarinos.

c) Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán
- Regular los usos del suelo y las actividades económicas para proteger el entorno y asegurar un desarrollo sustentable.
- Establecer reglas claras por UGA, impulsar la participación social, la transparencia y monitoreo mediante indicadores ambientales.

d) Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán

- Ordenar el territorio costero en unidades de gestión, identificando zonas prioritarias y de aptitud sectorial.
- Definir lineamientos que aseguren la protección, restauración y uso sostenible de recursos naturales, así como la biodiversidad y seguridad alimentaria local.

La integración de los distintos instrumentos de ordenamiento ecológico y territorial en la delimitación de Región Ecológica (RE) constituye un componente estratégico para asegurar la coherencia normativa y la viabilidad institucional del proyecto. Cada uno de estos programas ofrece un marco de referencia complementario que orienta el uso sustentable del territorio y establece límites y criterios para la implantación de infraestructura en contextos ambientalmente sensibles. Dentro del POEGT, el área de estudio se encuentra en la Región Ambiental Karst de Yucatán y Quintana Roo, caracterizada por la presencia de suelos delgados, alta permeabilidad del sustrato, formación de cenotes y acuíferos subterráneos de gran relevancia hidrológica. Esta región se considera de alta prioridad ambiental debido a su vulnerabilidad frente a la contaminación del acuífero y a la presión por proyectos turísticos, urbanos y de infraestructura. El POEGT recomienda que, en este tipo de territorios, cualquier proyecto de gran escala implemente medidas de mitigación estrictas que incluyan: manejo adecuado de aguas residuales, control de descargas, protección de cenotes y cuerpos de agua interconectados, así como restauración de áreas con vegetación secundaria para mantener la conectividad ecológica.

Por su parte, de acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, el sitio se encuentra dentro de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 108-Dzemul, la cual comprende la franja costera y marina, así como zonas adyacentes. Esta unidad presenta una alta presión por actividades portuarias, turísticas y pesqueras, lo que genera la necesidad de regular los procesos de dragado, relleno y construcción en áreas marinas y costeras. El POEMR establece que la UGA 108-Dzemul debe ser manejada con criterios de preservación de ecosistemas marinos y estuarinos, en particular humedales, pastos marinos y áreas de reproducción de especies comerciales. Para ello se promueve la aplicación de medidas de control ambiental, monitoreo continuo de calidad del agua y la incorporación de criterios de gestión integrada de la zona costera. El POETY clasifica el área dentro de la UGA 006-APROV-DZE, la cual corresponde a zonas de aprovechamiento controlado con presencia de vegetación secundaria de duna costera y uso de suelos de asentamientos humanos. En esta UGA se permite la realización de actividades económicas y de desarrollo urbano bajo un esquema regulado, siempre que se garantice la compatibilidad con la capacidad de carga del ecosistema. Entre sus lineamientos principales se encuentra la obligación de implementar planes de manejo ambiental, el control del cambio de uso de suelo, la protección de corredores biológicos y la instrumentación de indicadores de sustentabilidad que permitan evaluar los impactos acumulativos de las actividades humanas.

En el caso del POETCY, el sitio de estudio se localiza dentro de la UGA DZE01-BAR_C3-R, que corresponde a un tipo de paisaje de Isla Barrera y política ambiental Urbana, con un valor ambiental relevante por su biodiversidad y función como hábitat de especies de fauna. El ordenamiento para esta UGA establece que los proyectos deberán orientarse bajo un esquema de uso sostenible de los recursos, priorizando la restauración ecológica, la conservación de zonas con vegetación nativa y el diseño de infraestructura con bajo impacto. Asimismo, se busca garantizar la seguridad alimentaria local a través del fortalecimiento de actividades pesqueras y la protección de ecosistemas que sostienen las cadenas tróficas costeras.

La articulación de estos instrumentos permite establecer un marco jurídico, ambiental y urbano integral, que otorga legitimidad y dirección técnica a las decisiones de planeación, evaluación y gestión ambiental del proyecto portuario, asegurando su inserción ordenada en el tejido ecológico y social del municipio.

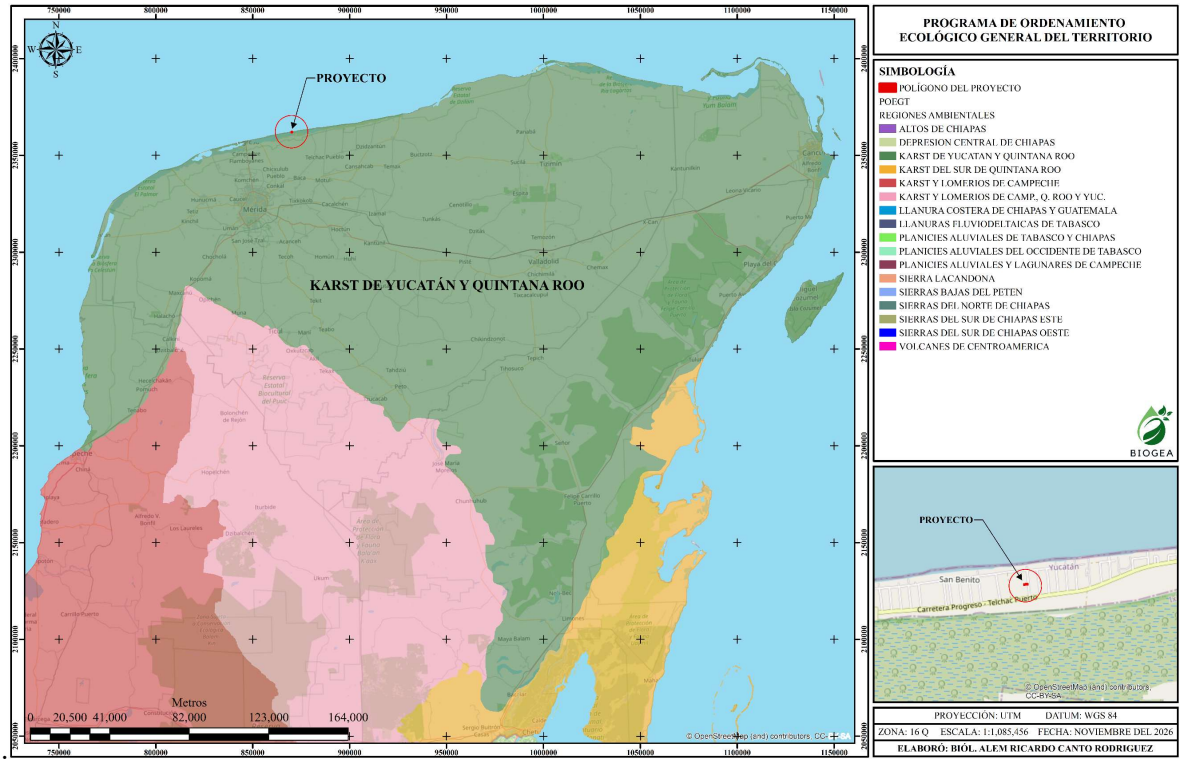


Figura III.8. Ubicación del polígono del proyecto en relación a POEGT, como se puede apreciar este se ubica en la Región Ambiental KARST DE YUCATÁN Y QUINTANA ROO.

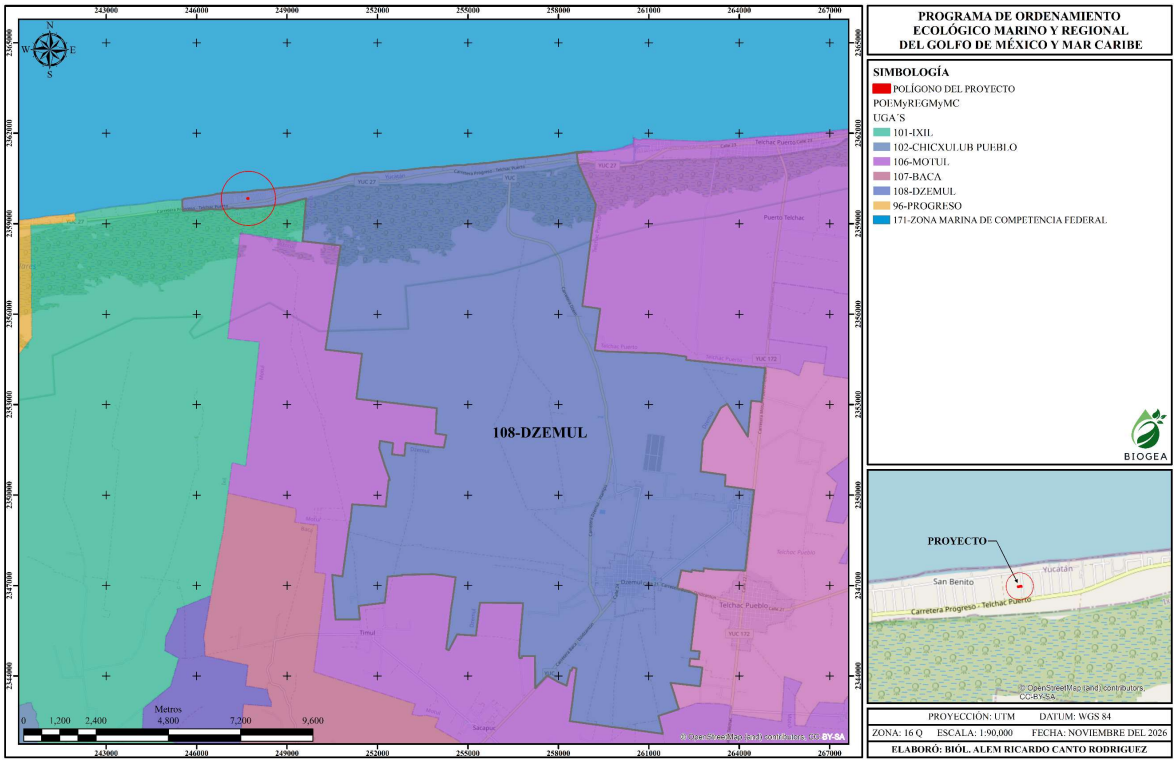


Figura III.9. Ubicación del polígono del proyecto en relación a POEMyRGMyMC, como se puede apreciar este se ubica en UGA 108-DZEMUL.

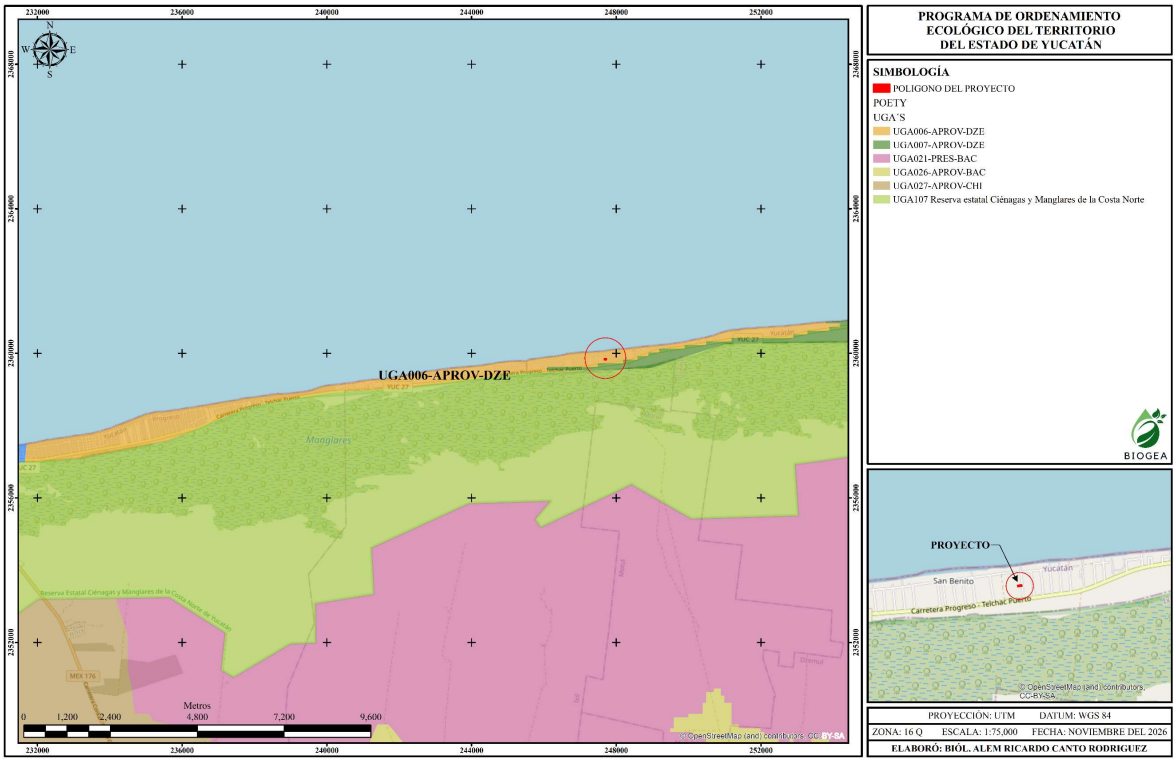


Figura III.10. Ubicación del polígono del proyecto en relación a POETY, como se puede apreciar este se ubica en UGA006-APROV-DZE.

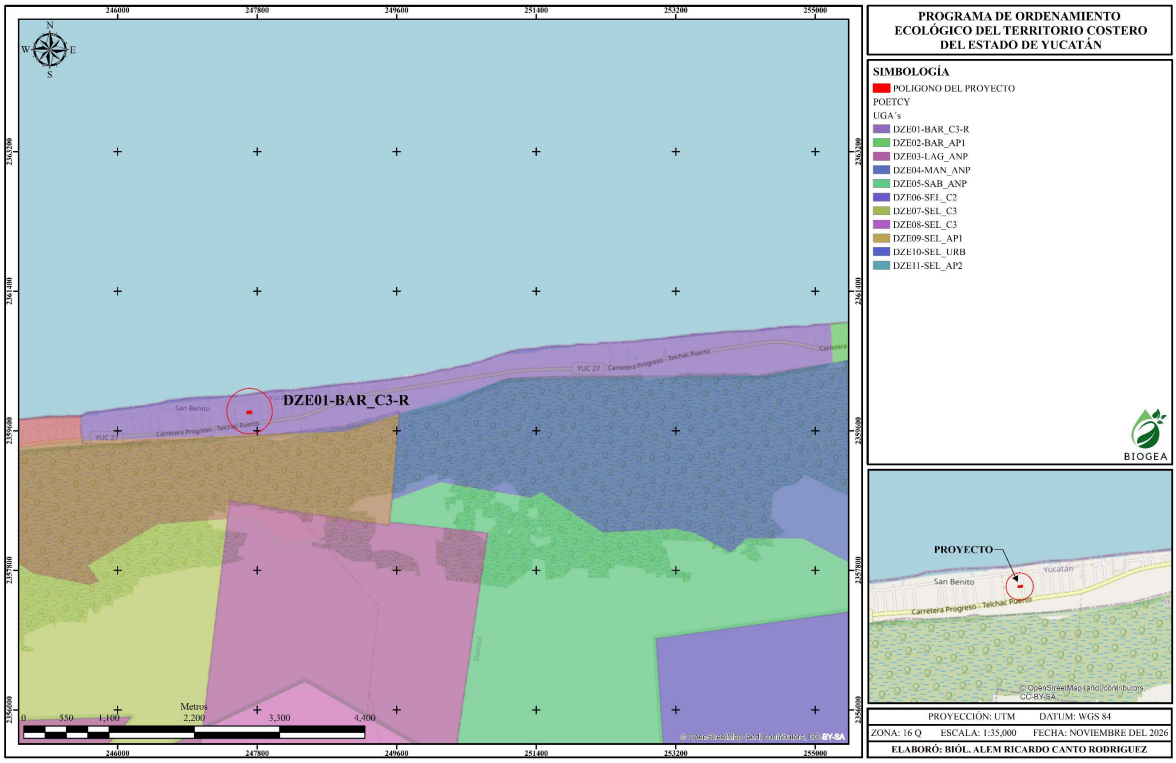


Figura III.11. Ubicación del polígono del proyecto en relación a POETY, como se puede apreciar este se ubica en UGA DZE01-BAR_C3-R.

4. Componentes Bióticos (Ecosistemas y Biodiversidad)

- Ecosistemas costeros (dunas costeras, manglares, humedales y estuarios).
- Corredores biológicos y conectividad entre ecosistemas.
- Tipos de vegetación de acuerdo a la carta de uso de suelo serie VII (INEGI, 2021).

La consideración de los componentes bióticos dentro de la Región Ecológica (RE) constituye un elemento fundamental para la evaluación integral de las condiciones ecológicas presentes en el área donde se pretende desarrollar el proyecto. Estos componentes permiten identificar la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, así como los procesos ecológicos que mantienen la biodiversidad y los servicios ambientales de la región costera.

El área de estudio se localiza en la franja litoral del norte del estado de Yucatán, dentro de una región caracterizada por la presencia de ecosistemas costeros asociados al sistema de dunas costeras de la costa yucateca. Estos ecosistemas constituyen ambientes de alta relevancia ecológica debido a su función en la protección de la línea de costa frente a fenómenos hidrometeorológicos extremos, la estabilización de sedimentos, la regulación de procesos erosivos y el mantenimiento de hábitats para diversas especies de flora y fauna silvestre.

Dentro de la Región Ecológica predominan comunidades vegetales adaptadas a condiciones de alta salinidad, fuerte exposición al viento, elevada radiación solar y limitada disponibilidad de agua dulce. La vegetación de duna costera está conformada principalmente por especies herbáceas, arbustivas y algunos elementos arbóreos dispersos que presentan adaptaciones fisiológicas y morfológicas especializadas para sobrevivir en ambientes costeros. Estas comunidades vegetales contribuyen a la fijación y estabilización de los sedimentos arenosos, favoreciendo la conservación de la estructura geomorfológica de las dunas.

El entorno donde se ubica el proyecto presenta una matriz ambiental integrada por remanentes de vegetación de duna costera, áreas con influencia antrópica asociadas al desarrollo urbano costero y zonas de transición hacia otros ecosistemas característicos del litoral yucateco. A pesar de las modificaciones derivadas del crecimiento urbano y turístico de la región, la vegetación presente conserva funciones ecológicas relevantes al proporcionar refugio, alimentación y sitios de reproducción para diversas especies de reptiles, aves residentes y aves migratorias.

La cobertura vegetal existente también desempeña un papel importante en la conectividad ecológica del paisaje costero, permitiendo el desplazamiento de organismos entre distintos fragmentos de hábitat. Asimismo, contribuye a la infiltración del agua de lluvia hacia el acuífero kárstico, favorece la captura de carbono, regula las condiciones microclimáticas locales y constituye una barrera natural que ayuda a reducir los efectos de vientos intensos, marejadas y procesos de erosión costera.

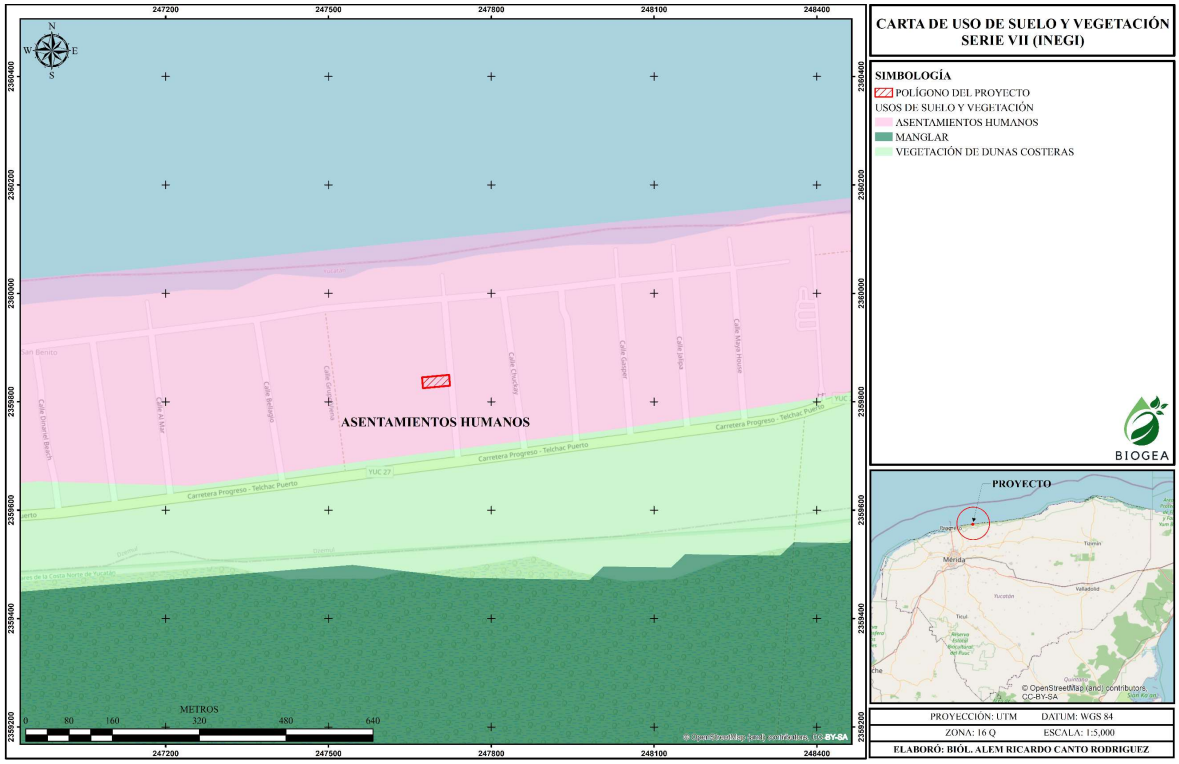


Figura III.12. Ubicación del polígono del proyecto en relación a los usos de suelo y tipos de vegetación de la serie VII del INEGI.

De acuerdo con la Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VII del INEGI (2021), el polígono del proyecto se localiza dentro de una zona identificada con vegetación característica de duna costera, asociada a ecosistemas litorales de la costa norte de Yucatán. Estas comunidades vegetales forman parte de un sistema ecológico dinámico estrechamente relacionado con los procesos geomorfológicos y climáticos de la región costera, desempeñando funciones esenciales para la estabilidad ambiental y la conservación de la biodiversidad local.

La integración de estos elementos dentro de la delimitación de la Región Ecológica permite realizar una evaluación más precisa de los posibles efectos del proyecto sobre los ecosistemas costeros presentes, facilitando la definición de medidas de prevención, mitigación y conservación orientadas a mantener la funcionalidad ecológica de la vegetación de duna costera, la conectividad biológica y los servicios ambientales que ésta proporciona a nivel local y regional.

5. Componentes Abióticos (Clima, Geología, Suelos e Hidrología)

- Condiciones climáticas de tipo cálido subhúmedo predominantes en la región norte de Yucatán.
- Geología kárstica característica de la plataforma carbonatada de la península de Yucatán.
- Suelos someros y altamente permeables asociados a procesos de disolución de roca caliza.
- Sistema hidrológico subterráneo vinculado al acuífero yucateco y procesos de infiltración pluvial.

La incorporación de los componentes abióticos dentro de la Región Ecológica resulta esencial para comprender la dinámica física del territorio donde se desarrollará el proyecto, debido a que estos elementos condicionan los procesos ecológicos, la disponibilidad de recursos naturales y la susceptibilidad ambiental del sitio. En el

municipio de Mérida, las características climáticas, geológicas, edafológicas e hidrológicas se encuentran estrechamente relacionadas con la naturaleza kárstica de la península de Yucatán, conformando una Región Ecológica altamente permeable y sensible a modificaciones derivadas del cambio de uso de suelo y urbanización.

Desde el punto de vista climático, el área donde se localiza el proyecto presenta un clima de tipo semiárido cálido, clasificado como BS_0(h')w(x'), de acuerdo con el sistema de Köppen modificado por García. La principal característica que lo distingue de aquél es su mayor grado de humedad, el cual se expresa en los valores del cociente p/t que varían entre 23.2 y 27.6, superando el límite de 22.9 establecido para separarlos entre sí. Este subtipo climático se caracteriza también porque la temperatura media anual fluctúa entre 24.7 y 26.4°C y la precipitación total en el año lo hace entre poco menos de 600 y 700 mm. El por ciento de lluvia invernal es siempre mayor de 11.0 pero menor de 17.0. Las condiciones climáticas predominantes en la región influyen directamente en la dinámica ecológica y en los procesos físicos de la Región Ecológica, particularmente en la infiltración pluvial, la recarga del acuífero y el comportamiento de los suelos someros característicos de la península de Yucatán. Asimismo, la elevada radiación solar y las altas temperaturas favorecen procesos de evaporación y regulación microclimática asociados a la cobertura vegetal existente. De igual manera, aunque la región presenta condiciones semiáridas, permanece expuesta periódicamente a fenómenos hidrometeorológicos de gran intensidad, como tormentas tropicales y huracanes provenientes del mar Caribe y el Golfo de México, los cuales pueden modificar temporalmente las condiciones de humedad, incrementar la infiltración y generar procesos localizados de erosión o inundación.

En cuanto a la geología, el área del proyecto se ubica sobre la plataforma carbonatada de la península de Yucatán, en la localidad de Chuburná Puerto, donde predominan materiales geológicos correspondientes al Cenozoico, específicamente depósitos del Cuaternario y Holoceno. Estos materiales están constituidos principalmente por sedimentos calcáreos recientes de origen marino y litoral, formados por arenas carbonatadas, depósitos de playa, dunas costeras y acumulaciones de origen biogénico, desarrollados durante las fluctuaciones del nivel del mar ocurridas en el Holoceno.

La geología cuaternaria presente en el sitio constituye el sustrato superficial característico de la franja costera del norte de Yucatán, donde los depósitos recientes descansan sobre la plataforma caliza regional. Estos materiales presentan alta porosidad y permeabilidad, favoreciendo la infiltración del agua de lluvia hacia el acuífero kárstico subyacente. Asimismo, la presencia de sedimentos no consolidados y de un relieve prácticamente plano responde a los procesos de sedimentación marina y eólica que continúan modelando la dinámica costera de la región.

Las características geológicas del área explican la ausencia de corrientes superficiales permanentes, ya que el agua pluvial se infiltra rápidamente a través de los materiales carbonatados y del sustrato calcáreo fracturado. De igual manera, la elevada permeabilidad del terreno propicia una estrecha interacción entre los sedimentos superficiales, el acuífero y, en la zona costera, la interfase entre agua dulce y agua marina, por lo que resulta indispensable implementar medidas de manejo ambiental que prevengan la infiltración de contaminantes y contribuyan a la protección de los recursos hídricos subterráneos.

Por su parte, los suelos presentes en el área del proyecto corresponden predominantemente a Arenosoles, de acuerdo con la cartografía edafológica del INEGI. Este tipo de suelo se caracteriza por presentar una textura arenosa, escaso desarrollo de horizontes, alta porosidad y excelente drenaje, condiciones derivadas de la acumulación de sedimentos marinos y eólicos que conforman la franja costera del norte de la península de Yucatán.

Los Arenosoles poseen una elevada permeabilidad y una baja capacidad de retención de humedad y nutrientes, lo que favorece la infiltración rápida del agua de lluvia hacia el subsuelo y el acuífero kárstico. Asimismo, debido a su naturaleza poco consolidada, estos suelos son susceptibles a procesos de erosión eólica e hídrica cuando se elimina la cobertura vegetal o se modifican las condiciones naturales del terreno, especialmente en ambientes costeros expuestos a la acción del viento y de fenómenos hidrometeorológicos.

A pesar de sus limitaciones físicas, los Arenosoles desempeñan funciones ambientales de gran importancia dentro de la Región Ecológica (RE), ya que constituyen el sustrato sobre el cual se desarrollan las comunidades de vegetación de duna costera y otras asociaciones vegetales adaptadas a condiciones de salinidad, baja fertilidad y escasa disponibilidad de agua. Asimismo, participan activamente en los procesos de infiltración, recarga del acuífero y estabilización de la línea de costa, contribuyendo a la conservación de la dinámica ecológica característica de la zona litoral.

En el entorno inmediato del proyecto, localizado en la localidad de Dzemul, se observan modificaciones derivadas del desarrollo de infraestructura turística, habitacional y de servicios, así como de vialidades costeras. No obstante, aún se conservan áreas con suelos que mantienen su capacidad de infiltración y cumplen funciones ecológicas relevantes, favoreciendo el mantenimiento de los procesos hidrológicos y la estabilidad de los ecosistemas costeros de la región.

Desde el punto de vista hidrológico, la región carece prácticamente de escurrimientos superficiales permanentes debido a la elevada infiltración característica del sustrato kárstico. Por ello, el componente hídrico más relevante corresponde al acuífero subterráneo de la península de Yucatán, considerado uno de los sistemas hidrológicos más importantes del país. La recarga del acuífero ocurre principalmente mediante infiltración directa del agua de lluvia a través de los suelos y fracturas de la roca caliza. Esta condición convierte a la cobertura vegetal y al suelo en elementos fundamentales para la protección de la calidad del agua subterránea y la regulación hidrológica. Asimismo, debido a la conectividad hidráulica del sistema kárstico, cualquier alteración o contaminación puede dispersarse rápidamente a través del subsuelo, razón por la cual resulta indispensable implementar medidas preventivas y de manejo ambiental adecuadas durante las distintas etapas del proyecto.

La interacción entre clima, geología, suelos e hidrología define las condiciones físicas y ambientales del RE, permitiendo identificar las principales restricciones y potencialidades del territorio para el desarrollo del proyecto. La consideración integral de estos componentes facilita la formulación de estrategias de mitigación orientadas a reducir riesgos de erosión, compactación del suelo, contaminación del acuífero y alteraciones en los patrones naturales de infiltración, promoviendo así un desarrollo compatible con las características ambientales del municipio.

Metodología Aplicada

La delimitación de la Región Ecológica (RE)correspondiente al proyecto ubicado en la localidad y municipio de Dzemul, Yucatán, se realizó mediante una metodología geoespacial integral utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), empleando el software ArcMap 10.7. La metodología permitió integrar de manera sistemática variables biofísicas, hidrológicas, normativas, ecológicas, territoriales y socioeconómicas para

definir una unidad espacial representativa del entorno donde se desarrollará el proyecto y sobre la cual se evaluarán los impactos ambientales potenciales.

Recolección y normalización de datos espaciales

Se recopilaron y normalizaron diversas capas de información geográfica en formatos vectoriales y ráster, entre las que destacan la cartografía topográfica y el Marco Geoestadístico Nacional del INEGI; la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VII (INEGI, 2021); la cartografía geológica y edafológica; la delimitación de las regiones hidrológicas, cuencas y microcuencas (CONAGUA, INEGI y FIRCO); información climática (CONABIO); así como la cobertura de manglares, humedales y otros ecosistemas costeros. De igual forma, se incorporó la cartografía correspondiente a los principales instrumentos de ordenamiento ecológico aplicables al sitio: el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMyMC), el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY) y el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY). Toda la información fue homologada al sistema de coordenadas UTM Zona 16 Norte, datum WGS 1984, garantizando la compatibilidad espacial entre las distintas capas de información.

Análisis espacial y temático

Mediante herramientas de análisis geoespacial se realizaron operaciones de superposición temática (overlay), análisis de proximidad, conectividad ecológica y evaluación de las unidades ambientales presentes en el área de estudio. Asimismo, se analizaron las relaciones espaciales entre el polígono del proyecto y los diferentes componentes ambientales, identificando los ecosistemas costeros predominantes, la vegetación de duna costera, las áreas con influencia antrópica, la infraestructura existente, las unidades de gestión ambiental y los elementos hidrológicos que condicionan el funcionamiento del territorio. Paralelamente, se definieron las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto, considerando tanto los posibles impactos sobre el medio físico como sobre los componentes bióticos y socioeconómicos.

Construcción de la poligonal de la Región Ecológica

La delimitación de la Región Ecológica (RE) se realizó mediante la integración de elementos físicos, biológicos, hidrológicos, territoriales y normativos que caracterizan el entorno donde se desarrollará el proyecto. Como criterio rector se consideró la Unidad de Gestión Ambiental DZE01-BAR_C3-R del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY), correspondiente a un paisaje de Isla Barrera, la cual constituye la unidad territorial donde se inserta el proyecto y establece los lineamientos para el aprovechamiento sustentable del territorio.

De manera complementaria, se incorporó el análisis de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VII del INEGI (2021), identificándose que dentro de la Región Ecológica predominan comunidades de vegetación de duna costera, acompañadas por áreas con influencia urbana, vialidades y otros usos asociados al desarrollo costero de la localidad de Dzemul. Estas unidades reflejan la interacción existente entre los ecosistemas litorales y los procesos de urbanización presentes en la costa norte de Yucatán, permitiendo reconocer tanto las áreas con mayor grado de conservación como aquellas que presentan transformación antrópica.

Asimismo, en la delimitación de la Región Ecológica se integraron los principales componentes físicos que condicionan el funcionamiento ecológico del área. Entre ellos destaca el clima semiárido cálido BS0(h')w(x'), característico de la costa norte de Yucatán; la geología correspondiente al Cenozoico, con depósitos del Cuaternario y Holoceno, conformados por sedimentos calcáreos de origen marino y eólico; los suelos Arenosoles, caracterizados por su elevada permeabilidad y susceptibilidad a procesos de erosión; así como el sistema hidrológico asociado al acuífero kárstico de la Península de Yucatán, donde predominan los procesos de infiltración y la ausencia de corrientes superficiales permanentes.

La integración de estos componentes permitió definir la Región Ecológica congruente con las características ecológicas, geomorfológicas e hidrológicas del litoral de Dzemul, proporcionando una base técnica sólida para la identificación de las interacciones entre el proyecto y su entorno, la evaluación de impactos ambientales y el diseño de medidas de prevención, mitigación, compensación y manejo ambiental acordes con la sensibilidad de los ecosistemas costeros.

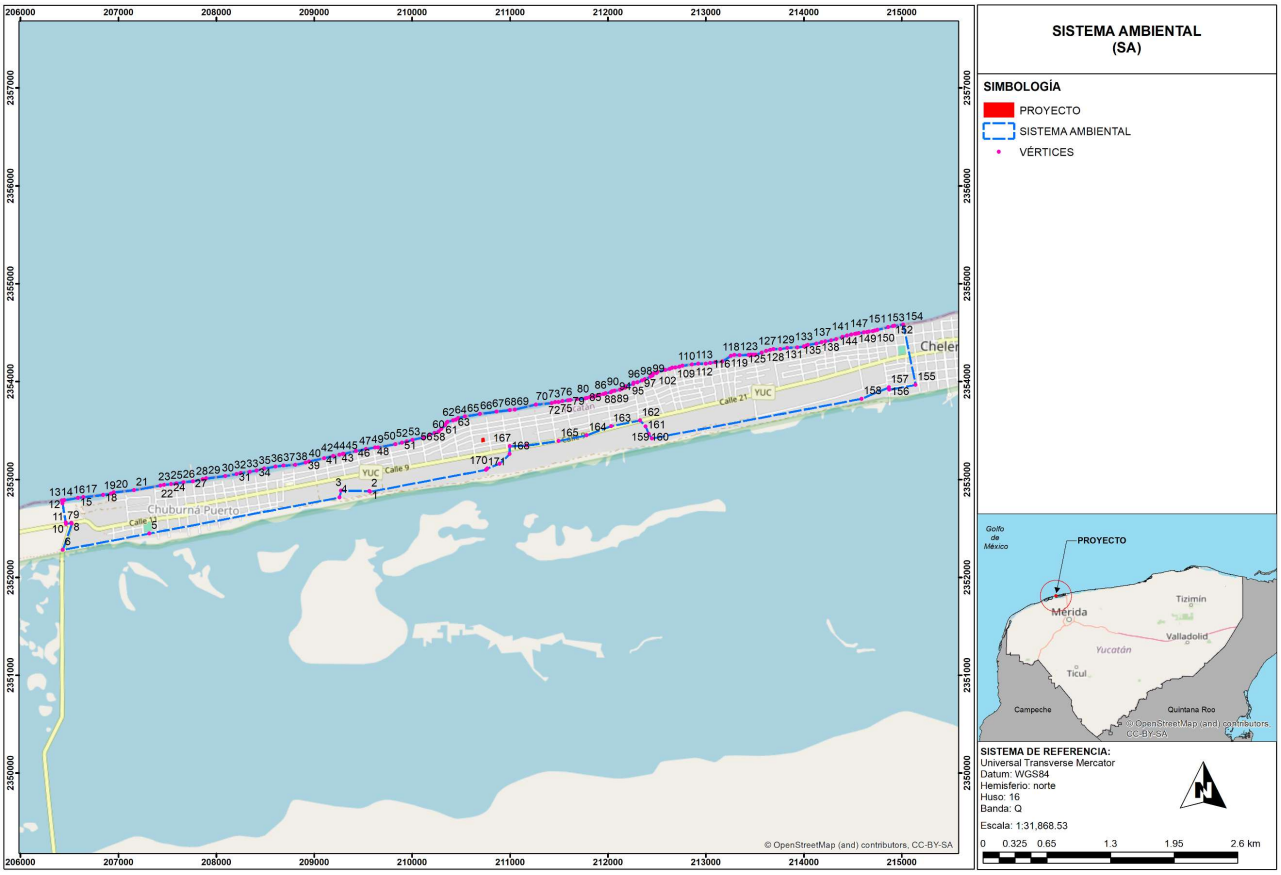


Figura III.13. Región Ecológica delimitado considerando las UGAS del POETCY.

Interacción entre los Criterios para Delimitar la Región Ecológica (RE)

La delimitación de la Región Ecológica (RE) constituye una de las etapas fundamentales dentro del proceso de evaluación ambiental en la modalidad particular, ya que permite definir el espacio territorial donde se analizarán las interacciones físicas, biológicas, sociales y normativas relacionadas con el proyecto. Para el presente desarrollo, ubicado en la localidad y municipio de Dzemul, Yucatán, la delimitación de la RE se realizó con base en criterios

ambientales, ecológicos, normativos, geológicos, hidrológicos, climáticos y de uso del suelo, permitiendo identificar de manera precisa las condiciones del entorno inmediato y del área de influencia donde podrían manifestarse los impactos ambientales derivados de las diferentes etapas del proyecto.

La interacción entre estos criterios permitió establecer una Región Ecológica congruente con la escala y naturaleza del proyecto, evitando delimitaciones excesivamente amplias que dificulten el análisis técnico y la identificación puntual de impactos. En este sentido, la RE se estructuró considerando los elementos ambientales que mantienen una relación funcional con el polígono del proyecto y con los ecosistemas costeros circundantes, incorporando los procesos físicos y ecológicos que caracterizan el litoral norte del estado de Yucatán.

Desde el punto de vista ecológico y de cobertura vegetal, la Región Ecológica se definió considerando la información contenida en la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VII del INEGI, donde se identifica como cobertura predominante la vegetación de duna costera, acompañada por áreas urbanizadas, vialidades y otros usos asociados al desarrollo costero de la localidad de Dzemul. Estas unidades conforman un paisaje donde interactúan remanentes de vegetación nativa con zonas previamente transformadas por actividades humanas. A pesar del crecimiento urbano registrado en la franja costera, la vegetación de duna mantiene funciones ecológicas de gran importancia, tales como la estabilización de sedimentos, la protección frente a procesos de erosión costera, la infiltración del agua de lluvia, la conectividad ecológica y la provisión de hábitat para diversas especies de flora y fauna propias del litoral yucateco.

En el ámbito normativo y de ordenamiento territorial, la delimitación de la RE incorporó los principales instrumentos de planeación ambiental aplicables al sitio. En particular, se consideró la Unidad de Gestión Ambiental DZE01-BAR_C3-R del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY), correspondiente a un paisaje de Isla Barrera. Asimismo, se integraron los criterios establecidos por el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMyMC) y el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY), los cuales proporcionan el marco normativo para asegurar la compatibilidad del proyecto con los objetivos de conservación, aprovechamiento sustentable y desarrollo ordenado de la zona costera.

Desde la perspectiva climática, la Región Ecológica se delimitó considerando el clima semiárido cálido BS0(h')w(x'), de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García, característico de la costa norte de Yucatán. Este tipo climático influye directamente en la dinámica ecológica y física del territorio, condicionando los procesos de evapotranspiración, infiltración, disponibilidad de humedad y desarrollo de la vegetación adaptada a ambientes costeros. Asimismo, la ubicación del proyecto dentro del litoral yucateco implica una exposición periódica a fenómenos hidrometeorológicos como tormentas tropicales, nortes y huracanes, factores que inciden en la dinámica sedimentaria y en la evolución de los ecosistemas de duna costera.

En cuanto al criterio geológico, edafológico e hidrológico, la Región Ecológica incorpora las características propias de la plataforma carbonatada de la península de Yucatán, donde predominan materiales geológicos del Cenozoico, correspondientes al Cuaternario y Holoceno, constituidos por sedimentos calcáreos recientes de origen marino y eólico. Sobre estos materiales se desarrollan Arenosoles, suelos altamente permeables que favorecen la infiltración del agua de lluvia hacia el acuífero kárstico. La combinación de sedimentos costeros, elevada permeabilidad, ausencia de corrientes superficiales permanentes y la cercanía a la interfase entre agua dulce y agua

marina convierten al componente geológico-hidrológico en uno de los elementos de mayor sensibilidad ambiental dentro de la Región Ecológica. En consecuencia, cualquier alteración del suelo o infiltración de contaminantes podría repercutir directamente en la calidad del acuífero y en el equilibrio de los ecosistemas costeros asociados.

La integración de todos estos criterios permitió delimitar una Región Ecológica funcional y técnicamente consistente para la evaluación del proyecto, considerando exclusivamente aquellos elementos territoriales, ecológicos y normativos que presentan interacción directa con el sitio y su área de influencia. De esta manera, el análisis ambiental se enfoca en las condiciones específicas del litoral de Chuburná Puerto, facilitando la identificación de los impactos potenciales y el establecimiento de medidas de prevención, mitigación, compensación y manejo ambiental acordes con la fragilidad y dinámica de los ecosistemas costeros de la región.

Justificación de la elección de la delimitación de la Región Ecológica

La definición de la Región Ecológica (RE) consideró aquellos componentes físicos, biológicos, hidrológicos, normativos y antrópicos que mantienen una relación funcional con el predio y que potencialmente pueden verse influenciados por las actividades de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto. Este enfoque permitió establecer un área de análisis ambiental técnicamente congruente con las dimensiones y características de la obra, evitando incorporar superficies que no presentan una interacción directa con los impactos previsibles y que podrían disminuir la precisión del análisis ambiental.

La delimitación adoptada se estructuró a partir de la integración de información territorial y ambiental proveniente de instrumentos oficiales de planeación, ordenamiento ecológico y cartografía temática. En este sentido, se consideraron los criterios establecidos por el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMyMC), el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY) y, de manera particular, la Unidad de Gestión Ambiental DZE01-BAR_C3-R del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY). La incorporación de estos instrumentos permitió contextualizar el proyecto dentro del marco normativo vigente para la costa norte del estado, identificando políticas de conservación, criterios de aprovechamiento sustentable y lineamientos específicos para el desarrollo de infraestructura en ambientes costeros.

De igual manera, el análisis de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VII del INEGI (2021) permitió identificar que la cobertura predominante dentro de la Región Ecológica corresponde a vegetación de duna costera, acompañada por áreas urbanizadas, vialidades y otros usos asociados al desarrollo costero de la localidad de Dzemul. Esta configuración refleja un paisaje característico de la franja litoral, donde coexisten ecosistemas naturales con zonas previamente modificadas por actividades humanas. La delimitación de la RE consideró esta heterogeneidad ambiental debido a que la vegetación de duna desempeña funciones esenciales en la estabilización de sedimentos, protección contra la erosión costera, infiltración del agua de lluvia, mantenimiento de la biodiversidad y conservación de la dinámica geomorfológica del litoral.

Asimismo, la delimitación de la Región Ecológica incorporó variables físicas que condicionan el funcionamiento ecológico de la región costera. Entre ellas destaca el clima semiárido cálido BS0(h')w(x'), de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García, el cual influye directamente en los procesos de evapotranspiración, infiltración, disponibilidad de humedad y desarrollo de la vegetación adaptada a condiciones de alta salinidad y escasez de agua dulce. Las condiciones climáticas de la costa norte de Yucatán también

determinan la exposición periódica del sitio a fenómenos hidrometeorológicos como nortes, tormentas tropicales y huracanes, factores que influyen en la dinámica de las dunas costeras y que fueron considerados para el establecimiento de medidas de prevención y manejo ambiental.

En el componente geológico, edafológico e hidrológico, la delimitación de la Región Ecológica consideró las características propias de la plataforma carbonatada de la península de Yucatán, donde predominan materiales geológicos correspondientes al Cenozoico, específicamente depósitos del Cuaternario y Holoceno, constituidos por sedimentos calcáreos recientes de origen marino y eólico. Sobre estos materiales se desarrollan Arenosoles, caracterizados por su textura arenosa, elevada permeabilidad y baja capacidad de retención de humedad. Estas condiciones favorecen la infiltración rápida del agua hacia el acuífero kárstico y explican la ausencia de corrientes superficiales permanentes. Debido a ello, el acuífero costero presenta una elevada vulnerabilidad frente a procesos de contaminación y a la intrusión salina, razón por la cual la delimitación de la Región Ecológica priorizó la incorporación de elementos relacionados con la dinámica hidrológica subterránea y la protección de la calidad del recurso hídrico.

Otro aspecto relevante en la definición de la Región Ecológica fue la consideración de las dinámicas actuales de desarrollo urbano y turístico presentes en la localidad y, en general, en la costa norte del municipio Dzemul. Durante las últimas décadas, esta región ha experimentado un incremento en la construcción de infraestructura habitacional, turística y de servicios, así como la ampliación de vialidades y equipamientos urbanos, generando modificaciones sobre la cobertura vegetal, los procesos de movilidad de sedimentos y el funcionamiento de los ecosistemas costeros. En este contexto, la delimitación propuesta permite evaluar el proyecto dentro del escenario ambiental real en el que se inserta, considerando los efectos acumulativos y sinérgicos derivados de las actividades existentes y del crecimiento urbano de la zona.

La delimitación la Región Ecológica también responde a criterios de operatividad técnica y viabilidad para el monitoreo y seguimiento ambiental. Un área de análisis excesivamente amplia dificultaría la identificación precisa de los impactos atribuibles al proyecto y la implementación de medidas de mitigación enfocadas en los componentes efectivamente susceptibles de afectación. En contraste, la delimitación seleccionada integra los elementos ambientales que mantienen una relación funcional con el proyecto, facilitando el diseño de programas de monitoreo y manejo ambiental dirigidos a la conservación de los ecosistemas costeros y la protección del acuífero.

En conjunto, la integración de criterios ecológicos, normativos, climáticos, geológicos, edafológicos, hidrológicos y territoriales permitió definir una Región Ecológica representativo de las condiciones ambientales del litoral de Chuburná Puerto, constituyendo una base técnica sólida para la evaluación de los impactos ambientales potenciales y para el diseño de medidas de prevención, mitigación, compensación y manejo ambiental acordes con la fragilidad y dinámica de los ecosistemas costeros de la costa norte de Yucatán.

Conclusión

Con base en el análisis integral de los criterios ecológicos, normativos, climáticos, geológicos, edafológicos, hidrológicos y de uso del suelo, se concluye que la delimitación de la Región Ecológica (RE) propuesta para el presente proyecto resulta técnica, ambiental y metodológicamente adecuada para el desarrollo de la Evaluación de Impacto Ambiental en su modalidad particular. La metodología empleada permitió definir un ámbito territorial

representativo de las condiciones ambientales que caracterizan el entorno del proyecto, considerando únicamente aquellos elementos que mantienen una relación funcional y espacial con las actividades previstas durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

La integración de información proveniente de los principales instrumentos de planeación ambiental, como el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMyMC), el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY) y el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY), particularmente la UGA DZE01-BAR_C3-R, permitió contextualizar el proyecto dentro del marco de políticas ambientales y de ordenamiento territorial aplicables a la costa norte del estado de Yucatán. Esta integración garantiza que la evaluación ambiental se desarrolle en concordancia con los lineamientos de conservación, aprovechamiento sustentable y manejo del territorio establecidos por los instrumentos normativos vigentes.

De igual manera, la incorporación de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VII del INEGI permitió reconocer que la Región Ecológica se encuentra dominado por vegetación de duna costera, ecosistema que desempeña funciones esenciales para la estabilidad geomorfológica del litoral, la protección frente a procesos de erosión, la infiltración del agua de lluvia, la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de la conectividad ecológica. La consideración de este componente permitió delimitar una Región Ecológica congruente con la realidad ecológica del sitio, identificando tanto las áreas que conservan funciones ambientales relevantes como aquellas que presentan modificaciones derivadas del desarrollo urbano y de la infraestructura existente en la localidad de Dzemul.

Asimismo, la incorporación de los componentes físicos permitió caracterizar adecuadamente las condiciones ambientales que determinan el funcionamiento del territorio. El clima semiárido cálido BS0(h')w(x'), la geología correspondiente al Cenozoico, con depósitos del Cuaternario y Holoceno, la presencia de Arenosoles altamente permeables y la estrecha relación con el acuífero kárstico de la península de Yucatán constituyen elementos que condicionan la dinámica hidrológica y ecológica de la zona costera. La interacción de estos factores explica la elevada capacidad de infiltración del terreno, la ausencia de escurrimientos superficiales permanentes y la alta vulnerabilidad del acuífero frente a posibles procesos de contaminación, aspectos que fueron considerados como elementos prioritarios dentro de la delimitación de la Región Ecológica.

Otro aspecto que fortalece la delimitación propuesta es la incorporación de las dinámicas territoriales y ambientales propias de la localidad de Chuburná Puerto, donde confluyen procesos naturales característicos de los ecosistemas litorales con actividades urbanas, turísticas y de servicios que han transformado parcialmente el paisaje. Esta visión integral permitió definir una Región Ecológica que no sólo considera las características naturales del sitio, sino también el contexto territorial en el que se inserta el proyecto, facilitando la identificación de posibles impactos acumulativos y sinérgicos, así como de las interacciones entre el proyecto y las actividades existentes en la zona.

En este sentido, la Región Ecológica delimitado constituye una herramienta técnica que permitirá evaluar de manera objetiva la magnitud, extensión y relevancia de los impactos ambientales potenciales, proporcionando una base sólida para la formulación de medidas de prevención, mitigación, compensación y seguimiento ambiental orientadas a proteger los componentes de mayor sensibilidad ecológica, particularmente la vegetación de duna costera, los procesos de infiltración, el acuífero kárstico y la estabilidad de los ecosistemas litorales.

Finalmente, se concluye que la delimitación propuesta satisface los principios de representatividad ecológica, funcionalidad ambiental, coherencia territorial y viabilidad técnica establecidos en la legislación y en las guías metodológicas para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental. En consecuencia, la Región Ecológica definido constituye una base técnica sólida y suficiente para sustentar el diagnóstico ambiental del proyecto, la evaluación de los impactos ambientales potenciales y el diseño de estrategias de manejo ambiental que permitan desarrollar el proyecto de manera compatible con las condiciones ecológicas y la fragilidad ambiental de la costa norte del estado de Yucatán, favoreciendo la conservación de los recursos naturales y el uso sustentable del territorio.

III.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

El Área de Influencia (AI) constituye el ámbito territorial dentro del cual las obras y actividades del proyecto tienen el potencial de generar impactos ambientales sobre los componentes físicos, biológicos y socioeconómicos del entorno, ya sea de manera directa o indirecta, temporal o permanente. Su delimitación representa uno de los elementos fundamentales dentro del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), ya que permite definir el espacio geográfico donde serán analizadas las interacciones entre el proyecto y el medio ambiente, así como el alcance espacial de los Factores Generadores de Impacto (FGI) asociados a las diferentes etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

Desde un enfoque metodológico y funcional, el Área de Influencia no se limita exclusivamente a la superficie que será ocupada por las obras del proyecto, sino que comprende aquellas zonas donde las actividades proyectadas podrían modificar, de manera potencial, las condiciones ambientales existentes. En este sentido, su delimitación considera la interacción entre los componentes ambientales receptores y las acciones del proyecto, reconociendo que algunos efectos pueden extenderse más allá de los límites del predio mediante procesos relacionados con la generación de ruido, emisiones atmosféricas, tránsito de maquinaria y personal, modificación temporal del paisaje o presencia de actividades constructivas.

Para el presente proyecto, ubicado en la localidad de Chuburná Puerto, municipio de Progreso, Yucatán, la delimitación del Área de Influencia se realizó considerando las características físicas, bióticas y socioambientales del entorno inmediato, así como la naturaleza, magnitud y escala de las obras propuestas. El proyecto consiste en la construcción y operación de infraestructura terrestre dentro de un predio ubicado en la franja costera, por lo que todas las actividades se desarrollarán exclusivamente al interior del polígono del proyecto, sin contemplar obras marinas, dragados, rellenos, escolleras, muelles, canales de navegación, modificación de la línea de costa o cualquier otra intervención sobre cuerpos de agua o ecosistemas costeros adyacentes.

La delimitación del Área de Influencia se efectuó mediante análisis espaciales desarrollados con herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), utilizando ArcGIS® y ArcMap™ versión 10.7, a partir del polígono georreferenciado del proyecto. Mediante la generación de áreas de amortiguamiento (buffers), análisis de proximidad y superposición de información ambiental, fue posible establecer el alcance potencial de los impactos ambientales y definir objetivamente las zonas donde podrían manifestarse efectos directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos derivados del desarrollo del proyecto.

Asimismo, la delimitación incorporó la identificación de los principales Factores Generadores de Impacto (FGI), entre los que destacan el desmonte de la vegetación presente dentro del polígono autorizado, la preparación del sitio, la nivelación localizada del terreno, la construcción de la infraestructura proyectada, el tránsito temporal de maquinaria y vehículos, la generación de residuos de construcción, emisiones atmosféricas, ruido e iluminación durante la etapa constructiva, así como las actividades propias de la operación del proyecto. Estos factores fueron relacionados con los componentes ambientales receptores presentes en el entorno inmediato, particularmente el suelo, la vegetación de duna costera, la fauna silvestre, la atmósfera, el paisaje y el acuífero kárstico.

Desde la perspectiva territorial y ecológica, el Área de Influencia comprende un paisaje costero donde predominan ecosistemas de duna costera, áreas urbanizadas, infraestructura turística y habitacional, vialidades y, en sectores próximos, zonas de manglar, áreas inundables y porciones del ambiente marino característicos del litoral norte de Yucatán. Estos ecosistemas mantienen una estrecha relación ecológica e hidrológica y representan componentes de alta importancia ambiental debido a los servicios ecosistémicos que proporcionan, entre ellos la protección de la línea de costa, el mantenimiento de la biodiversidad, la regulación hidrológica y la estabilización de sedimentos.

No obstante, aunque el Área de Influencia Indirecta incluye parcialmente zonas marinas y áreas inundables con vegetación de manglar debido a la proximidad del proyecto con la línea de costa y a la escala del análisis territorial, es importante señalar que estas áreas no serán objeto de intervención ni se prevé la generación de impactos directos sobre ellas, ya que el proyecto no contempla la realización de obras, actividades o infraestructura dentro de dichos ecosistemas. Todas las acciones constructivas y operativas se desarrollarán exclusivamente dentro del predio destinado al proyecto, respetando los límites de propiedad y evitando cualquier remoción de vegetación de manglar, modificación de humedales, alteración de cuerpos de agua o intervención sobre la zona marina. En consecuencia, la inclusión de estos ecosistemas dentro del Área de Influencia responde únicamente a criterios metodológicos para la evaluación ambiental integral y no implica que serán afectados por el desarrollo del proyecto.

De igual manera, la delimitación del Área de Influencia consideró las condiciones físicas y ambientales propias de la región, particularmente el clima semiárido cálido BS0(h')w(x'), la geología correspondiente al Cenozoico, con depósitos del Cuaternario y Holoceno, la presencia de Arenosoles altamente permeables y el funcionamiento del acuífero kárstico de la Península de Yucatán. Estas condiciones favorecen la infiltración del agua de lluvia hacia el subsuelo y determinan una elevada vulnerabilidad del sistema hidrológico frente a posibles procesos de contaminación, razón por la cual el análisis incorporó criterios relacionados con la infiltración, el comportamiento hidrológico y la protección del acuífero durante todas las etapas del proyecto.

Otro aspecto considerado en la delimitación corresponde a las dinámicas actuales de desarrollo urbano y turístico de la localidad de Chuburná Puerto y del municipio de Progreso. El entorno presenta un crecimiento gradual de infraestructura habitacional, turística y de servicios, asociado al aprovechamiento de la franja costera. Bajo este contexto, el proyecto se incorpora a un paisaje parcialmente transformado, por lo que el análisis del Área de Influencia contempla también la evaluación de posibles efectos acumulativos y sinérgicos relacionados con el cambio en el paisaje, la ocupación del territorio y la interacción con otros desarrollos existentes, sin que ello implique afectaciones adicionales sobre los ecosistemas costeros protegidos.

Con base en estos criterios, el Área de Influencia del proyecto quedó integrada por dos unidades espaciales complementarias: el Área de Influencia Directa (AID) y el Área de Influencia Indirecta (AII). El AID corresponde al polígono del proyecto y una franja de amortiguamiento de 100 metros alrededor de sus límites, donde se prevé la manifestación inmediata de los impactos derivados de las actividades constructivas y operativas. Por su parte, el AII se delimitó mediante un buffer de 1 kilómetro alrededor del proyecto, incorporando las zonas donde podrían presentarse efectos secundarios, acumulativos o sinérgicos relacionados con la dinámica territorial y ecológica del entorno costero. Dentro de esta área se incluyen porciones de ecosistemas marinos y de manglar únicamente como parte del contexto ambiental regional; sin embargo, dada la naturaleza del proyecto y la localización exclusiva de las obras dentro del predio, no se prevén afectaciones directas ni indirectas significativas sobre dichos ecosistemas.

La delimitación de estas áreas proporciona un marco territorial técnicamente congruente con la escala y naturaleza del proyecto, constituyendo la base espacial para la identificación y evaluación de impactos ambientales, así como para la formulación de medidas de prevención, mitigación, compensación y seguimiento ambiental. Asimismo, permite demostrar que el desarrollo del proyecto es compatible con las condiciones ambientales del entorno, al mantener fuera de toda intervención las zonas marinas, los humedales y la vegetación de manglar, concentrando las actividades exclusivamente dentro de la superficie autorizada para el desarrollo.

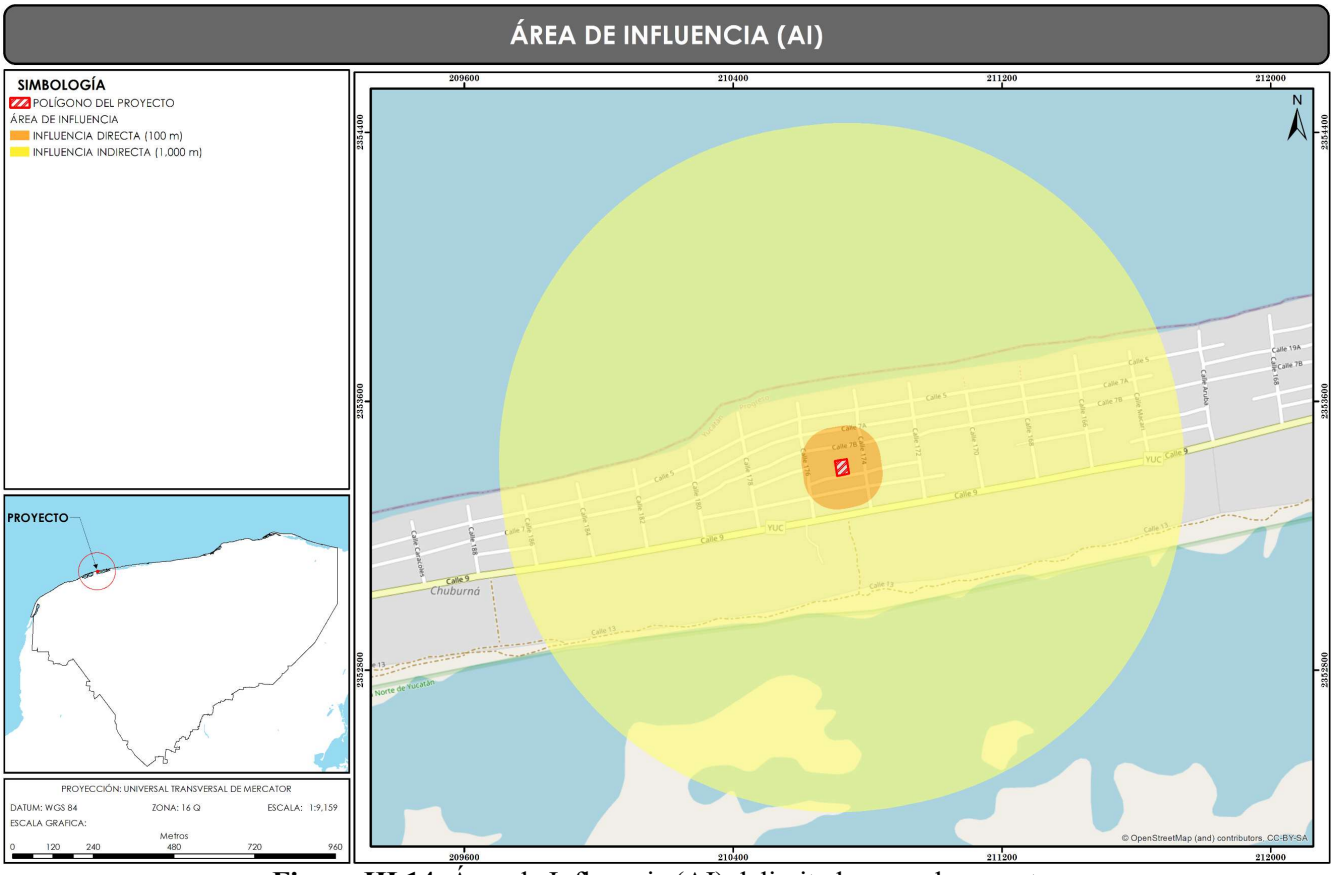


Figura III.14. Área de Influencia (AI) delimitada para el proyecto.

Área de Influencia Directa (AID)

El Área de Influencia Directa (AID) corresponde al espacio territorial donde las obras y actividades del proyecto generarán impactos ambientales inmediatos, continuos y físicamente perceptibles sobre los componentes del medio ambiente. Esta área comprende el polígono del proyecto y una franja de amortiguamiento de 100 metros alrededor de sus límites, delimitación establecida considerando la magnitud de las obras, las características de la infraestructura proyectada y el alcance espacial de los Factores Generadores de Impacto (FGI) identificados para las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

La delimitación del AID se fundamenta en que el proyecto consiste en la construcción y operación de infraestructura terrestre dentro de un predio localizado en la localidad de Chuburná Puerto, municipio de Progreso, Yucatán, contemplando exclusivamente obras al interior del polígono autorizado. Las actividades constructivas comprenderán el desmonte de la vegetación autorizada, preparación y nivelación localizada del terreno, construcción de la infraestructura proyectada, instalación de servicios, tránsito temporal de maquinaria y personal, almacenamiento temporal de materiales y generación de residuos propios de la construcción. Debido a la escala del proyecto, los efectos ambientales se concentrarán principalmente dentro del predio y en su entorno inmediato, siendo de carácter local y controlable mediante la aplicación de las medidas de prevención y mitigación propuestas.

En este contexto, la franja de amortiguamiento de 100 metros permite incorporar espacialmente las áreas donde podrían manifestarse impactos directos relacionados con la dispersión temporal de partículas suspendidas, incremento de los niveles de ruido durante la construcción, emisiones provenientes de maquinaria, modificación visual del paisaje y perturbaciones temporales sobre la fauna silvestre presente en las inmediaciones del sitio. Asimismo, esta delimitación considera los posibles efectos asociados a la circulación de vehículos y maquinaria durante las diferentes etapas del proyecto.

Desde el punto de vista ecológico, el Área de Influencia Directa comprende principalmente superficies con vegetación de duna costera, así como áreas previamente modificadas por infraestructura y desarrollo urbano característicos de la franja litoral de Chuburná Puerto. Estas comunidades vegetales desempeñan funciones ambientales relevantes relacionadas con la estabilización de sedimentos, la infiltración del agua de lluvia, la regulación microclimática, la protección contra la erosión costera y el mantenimiento de hábitats para diversas especies de flora y fauna. En consecuencia, cualquier alteración derivada del proyecto será objeto de medidas específicas de prevención, mitigación y restauración orientadas a conservar la funcionalidad ecológica del sitio.

En el componente físico, la delimitación del AID considera las características geológicas y edafológicas propias del litoral norte de Yucatán, donde predominan depósitos del Cenozoico (Cuaternario-Holoceno) y Arenosoles, caracterizados por su elevada permeabilidad y baja capacidad de retención de humedad. Estas condiciones favorecen la infiltración rápida del agua hacia el acuífero kárstico regional, por lo que el manejo adecuado de residuos, combustibles, materiales de construcción y aguas residuales constituye un aspecto prioritario para prevenir riesgos de contaminación del subsuelo.

Es importante señalar que, aunque dentro de la franja de influencia inmediata existen sectores próximos a áreas inundables con vegetación de manglar y al ambiente marino, ninguna de estas zonas será intervenida por el proyecto. Todas las actividades constructivas y operativas se desarrollarán exclusivamente dentro del polígono autorizado, sin realizar obras sobre manglares, humedales, playas, cuerpos de agua o la zona marina. En

consecuencia, la presencia de estos ecosistemas dentro del contexto ambiental del AID responde únicamente a su proximidad espacial y a la necesidad de incorporarlos en el análisis ambiental, sin que se prevean afectaciones directas sobre ellos.

Asimismo, el Área de Influencia Directa representa el espacio donde se implementarán prioritariamente las medidas de prevención, mitigación y control ambiental relacionadas con el manejo integral de residuos, control de emisiones atmosféricas y ruido, protección de la vegetación de duna costera, conservación del suelo, prevención de contaminación del acuífero y vigilancia ambiental durante todas las etapas del proyecto.

Área de Influencia Indirecta (AII)

El Área de Influencia Indirecta (AII) corresponde al espacio territorial donde los efectos ambientales del proyecto podrían manifestarse de manera secundaria, acumulativa, inducida o sinérgica, como resultado de las interacciones entre las actividades del proyecto y los componentes físicos, ecológicos y socioeconómicos del entorno. Para el presente proyecto, el AII fue delimitada mediante un buffer de 1 kilómetro alrededor del polígono del proyecto, considerando la naturaleza de las obras, la sensibilidad ambiental de la zona costera y el alcance potencial de los impactos indirectos.

La delimitación de esta área responde a que el proyecto se localiza dentro de una región donde convergen ecosistemas costeros de alto valor ambiental con infraestructura urbana, turística y de servicios propia de la localidad de Chuburná Puerto. Aunque las actividades del proyecto serán de alcance local y no implican transformaciones regionales del territorio, el análisis del AII permite evaluar la interacción del proyecto con la dinámica ambiental existente, considerando posibles efectos acumulativos y sinérgicos derivados del desarrollo costero de la región.

En este sentido, el buffer de 1 kilómetro incorpora espacialmente las áreas donde podrían presentarse modificaciones indirectas relacionadas con cambios temporales en la percepción del paisaje, incremento puntual del tránsito vehicular durante la construcción, alteraciones menores en los niveles de ruido y la interacción con otros desarrollos existentes dentro del corredor costero. Asimismo, permite evaluar la relación funcional del proyecto con los ecosistemas litorales y con la infraestructura ya establecida en la zona.

Desde la perspectiva ecológica, el Área de Influencia Indirecta integra vegetación de duna costera, áreas inundables con manglar, zonas de humedal y porciones del ambiente marino, además de superficies urbanizadas y de servicios. Estos ecosistemas mantienen una elevada importancia ecológica debido a que proporcionan hábitat para numerosas especies, favorecen la protección de la línea de costa, regulan procesos hidrológicos y contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad regional.

No obstante, la incorporación de estos ecosistemas dentro del Área de Influencia Indirecta obedece exclusivamente a criterios metodológicos de evaluación ambiental y no implica que serán afectados por el proyecto. Es importante precisar que el proyecto no contempla actividades dentro de la zona marina, áreas inundables, humedales o vegetación de manglar, ni la construcción de infraestructura que modifique dichos ambientes. En consecuencia, no se prevén impactos directos sobre estos ecosistemas, manteniéndose intacta su estructura, composición y funcionamiento ecológico.

Asimismo, la delimitación del Área de Influencia Indirecta incorpora criterios relacionados con la dinámica hidrológica del acuífero kárstico costero. La elevada permeabilidad de los Arenosoles y de los depósitos calcáreos del Cuaternario-Holoceno favorece la infiltración del agua hacia el subsuelo, por lo que el análisis del AII considera la protección del recurso hídrico regional mediante la implementación de medidas preventivas que eviten la infiltración de contaminantes durante todas las etapas del proyecto.

De igual manera, el Área de Influencia Indirecta incorpora el análisis de los posibles efectos paisajísticos derivados de la presencia de la nueva infraestructura dentro de un entorno donde predominan desarrollos habitacionales, turísticos y recreativos propios del litoral de Chuburná Puerto. Sin embargo, debido a la reducida escala del proyecto y a que las obras se desarrollarán exclusivamente dentro del predio, estos cambios serán de alcance local y compatibles con el contexto urbano-costero existente.

La delimitación del Área de Influencia Indirecta mediante un radio de 1 kilómetro permite establecer una unidad territorial funcional y técnicamente congruente con la naturaleza del proyecto, facilitando la evaluación de impactos acumulativos, sinérgicos e inducidos dentro del contexto ambiental de la costa norte de Yucatán. Asimismo, proporciona una base adecuada para el diseño de estrategias de manejo y seguimiento ambiental, garantizando que los ecosistemas marinos, humedales y manglares presentes dentro del área de influencia permanezcan sin afectación, al no contemplarse actividades constructivas u operativas sobre dichos ambientes.

Conclusión

La delimitación del área de influencia del proyecto permitió establecer un marco territorial y ambiental técnicamente congruente con la magnitud, características y alcance espacial del desarrollo inmobiliario propuesto. La integración del Área de Influencia Directa (AID) y del Área de Influencia Indirecta (AII) proporciona una base metodológica adecuada para identificar y evaluar las interacciones existentes entre las obras y actividades del proyecto y los componentes ambientales del entorno donde se desarrollará.

La delimitación adoptada incorpora de manera integral los factores físicos, biológicos y territoriales que caracterizan la zona norte del municipio de Mérida, considerando las condiciones ecológicas actuales, el contexto de expansión urbana y las particularidades ambientales del sistema kárstico regional. Asimismo, permite reconocer tanto los impactos inmediatos derivados de las actividades constructivas y operativas, como aquellos efectos secundarios, acumulativos y sinérgicos relacionados con la consolidación urbana y la transformación progresiva del paisaje.

La definición del Área de Influencia Directa mediante el polígono del proyecto y una franja de amortiguamiento de 100 metros permite incluir espacialmente las zonas donde se prevé la manifestación inmediata de impactos asociados a remoción de vegetación, movimiento de maquinaria, generación de ruido, emisiones atmosféricas, modificación del suelo y alteración del paisaje. Por su parte, la delimitación del Área de Influencia Indirecta mediante un buffer de 1 kilómetro permite incorporar las áreas donde podrían presentarse efectos relacionados con dinámica urbana, conectividad ecológica, infiltración pluvial, movilidad y presión sobre infraestructura y servicios ambientales del entorno.

De igual manera, la delimitación considera elementos ambientales estratégicos como el clima semiárido cálido BS1(h')w(x'), las formaciones geológicas del Neógeno, los suelos tipo Leptosol y las coberturas de uso de suelo

identificadas en la Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VII del INEGI, integrando así los componentes ambientales que condicionan el funcionamiento ecológico e hidrológico de la región.

Bajo este enfoque, el área de influencia definida para el proyecto constituye una unidad espacial funcional que permite desarrollar una evaluación ambiental objetiva, proporcional y técnicamente sustentada, facilitando la identificación de impactos ambientales, la formulación de medidas de prevención y mitigación, y el establecimiento de estrategias de manejo ambiental acordes con las condiciones territoriales y ecológicas presentes en el entorno del proyecto.

III.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE)

En términos generales, la RE en donde se encuentra inmerso el predio bajo estudio se encuentra en un nivel bajo-medio; en cuanto a calidad ambiental, debido entre muchas causas, la afectación de la zona por fenómenos naturales, sin embargo, la causa principal de afectación se ha dado por actividades antropogénicas, debido a las actividades que se realizan en la zona, principalmente urbanización (construcción de departamentos, carreteras, viviendas veraniegas, hoteles, villas, comercios, etc.). así como las actividades pesqueras.

Actualmente en la RE se encuentra poblada principalmente por una vegetación secundaria derivada de duna costera, en cuanto al AI se observa vegetación diferente al forestal, observando la escasa vegetación en el sitio dominada por especies rastreras y herbáceas. No obstante, a lo anterior, el ecosistema actual es capaz de brindar refugio y de ser hábitat para algunas especies de fauna silvestre (generalistas) y de ser una fuente de conectividad con otras áreas que al final funjan como corredores de fauna.

El tipo de suelo presente dentro de la RE es de reciente origen (Regosol), el terreno es casi totalmente plano y sin una hidrología superficial presente.

Una vez visto lo anterior, es de indicar que la línea cero de la RE tiene una calidad ambiental de categoría baja-mediana. A continuación, se presentan los diferentes componentes del medio abiótico, biótico y socio-económico de la RE en el cual se encuentra inmerso el proyecto que nos compete:

III.3.1 MEDIO ABIÓTICO

A) CLIMA

Según Köppen el clima identificado para la zona de Yucatán se clasifica entre Bs y Aw esto se comprende entre los muy áridos (BW) y los húmedos (A o C). El símbolo S indica que el cociente de precipitación-temperatura (P/T), es de 23.6, por lo que se considera que este es el menos seco entre los climas secos (semisecos). El símbolo (h), indica que es un tipo climático cálido. El símbolo w señala que el tipo climático cuenta con un régimen de lluvias de verano, en donde el mes más lluvioso es por lo menos 10 veces mayor que el mes más seco y el porcentaje de lluvia invernal es de más de 11 veces.

En la parte norte de la península, especialmente en el estado de Yucatán, existe una franja Climática del tipo Bs (seco estepario), con algunas variantes, la cual se caracteriza por tener escasas lluvias y altas temperaturas; dicha franja se extiende desde Celestún hasta El Cuyo, alcanzando su parte amplia en la zona de Progreso. Este tipo de

clima es intermedio entre el clima árido (Bw) y los húmedos (A o C). Los subtipos de clima registrados son el Bs0 (h') w (x'), Bs0 (h') (e), BS0 (h') W" i y Bs1 (h') W"i.

Este tipo de clima presenta características en costas occidentales que bordean los anticiclones subtropicales oceánicos, las masas de aire tropical marítimo (mTs) subsidentes son estables y secas. En estrechos cinturones costeros prevalecen climas de desierto extremadamente secos, pero relativamente frescos y con niebla. La oscilación anual de la temperatura es pequeña. En este clima se distribuyen los tipos de vegetación xerófilos y halófitos, así como selva baja caducifolia espinosa. También en este clima se distribuyen otros tipos de vegetación tales como el de dunas costeras y manglar.

De acuerdo a lo anterior y a las modificaciones hechas por García a la clasificación Köppen, la Región Ecológica del proyecto, así como el predio se ubican en una franja climática del subtipo de clima BS_0 (h') w(x') (ver figura IV.3), la cual ocupa una pequeña extensión, colindante con la línea de costa, de la porción noroccidental de la entidad, entre las localidades de Progreso y Telchac.

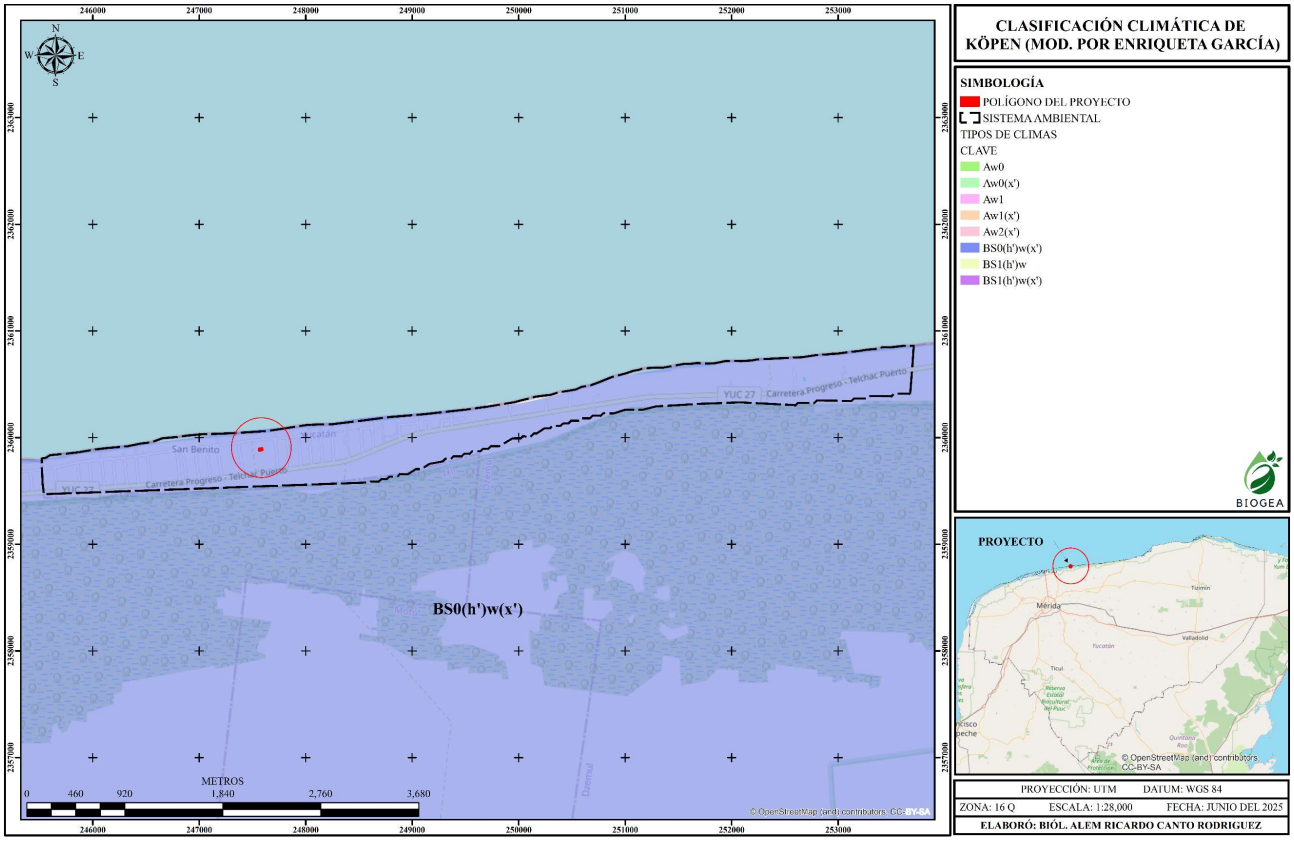


Figura III.15**.** Tipos climáticos presentes dentro de la RE del proyecto.

Este subtipo de clima BS_0 (h') w(x') se distingue por ser el más seco de ellos, condición que se refleja en el cociente p/t que varía entre 17.4 y 22.4, muy abajo del límite de 22.9 que lo separa del subtipo BS1 (h') w(x') relativamente menos seco.

Tabla III.1. Símbolos climáticos en la Península de Yucatán.

GRUPO DE CLIMA	DESCRIPCIÓN

A	Grupo de climas cálido – húmedos Temperatura media del mes más frio mayor de 18ºC.
B	Grupo de climas secos

Tabla III.2. Símbolos del tipo y subtipo climáticos del Grupo B.

TIPO / SUBTIPO	DESCRIPCIÓN
BW	Muy seco o desértico, el límite con los BS está dado por una formulación entre régimen y cantidad de lluvias y condiciones de temperatura.
BS	Es el tipo semiárido que se subdivide en dos subtipos de acuerdo a su grado de humedad.
BS_0	El más seco de los semiáridos, con un cociente P/T menor de 22.9
BS_1	El menos seco de los semiáridos, con un cociente P/T mayor de 22.9
	w. régimen de lluvias en verano; por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que en el mes más seco. Porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 de la total anual.
	w(x´) Régimen de lluvias en verano, con un porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2 respecto a la anual.
	(x') w. Régimen de lluvias uniformemente repartido o intermedio, con un porcentaje de lluvia invernal entre 10.2 y 18.
	(h´). Muy cálido, temperatura media anual mayor de 22ºC y la del mes más frio mayor a 18 ºC.
	w´´. Presenta sequía intraestival o canícula.
	i. Isotermal, oscilación de la temperatura menor de 5 ºC.
	(i´). Con poca oscilación entre 5 y 7 ºC.
	g. Marcha de la temperatura tipo Ganges. Lo que significa que el mes más cálido se presenta antes del Solsticio de Verano.

TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN.

Los datos de temperatura, precipitación y evaporación se tomaron de los registros de la estación meteorológica de Chicxulub Puerto (00031007), la cual es la más cercana al área de estudio. A continuación, se presentan los datos de monitoreo en un rango (1981-2010) de tiempo de 60 años.

Tabla III.3. Registros de temperatura (^{0}C) de estación meteorológica 00031007 Chicxulub Puerto.

TEMP	MESES												PROM
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MIN	27.0	28.1	30.3	32.1	32.7	32.3	31.7	31.8	31.7	30.4	29.0	27.5	30.4
MED	22.7	23.4	25.1	26.6	27.7	27.8	27.4	27.5	27.4	26.4	24.9	23.3	**25.9**
MAX	18.4	18.7	19.9	21.2	22.6	23.3	23.0	23.1	23.1	22.4	20.8	19.1	21.3

De acuerdo a la estación meteorológica antes mencionada, la temperatura media anual es de 25.9 ºC, teniendo una temperatura máxima anual en el área de 30.4 ºC y una temperatura mínima anual de 21.3ºC.

- **PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL (MM).**

En la siguiente tabla se muestra los registros de precipitación mensual y anual medias registradas a través de monitoreos en la estación Chicxulub Puerto para el área de estudio.

Tabla III.4. Registros de la precipitación media anual del área de estudio.

PREC	MESES												PROM ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	
MED	37.9	31.6	19.1	18.4	30.4	93.8	62.4	63.7	122.0	86.2	40.4	32.1	**638.0**

La precipitación pluvial anual media para la zona del proyecto es de aproximadamente 638.0 mm. El mes con mayor precipitación pluvial es septiembre con una precipitación media mensual de 122.0 mm, seguida por el mes de junio con 93.8 mm, mientras que el mes con menos precipitación ha sido el mes de abril con 18.4 mm.

- **VIENTOS E INTEMPERISMOS SEVEROS.**

En la zona estudiada no se presentan heladas, ni temperaturas menores de 4°C (las temperaturas menores a 4°C son eventos muy extremos y poco frecuentes), tampoco se presenta granizo, solamente en los meses de septiembre a octubre se manifiestan algunos huracanes provenientes del Caribe; sin embargo, en los meses de marzo y abril se presentan temperaturas altas cercanas a los 40 grados centígrados.

Vientos alisios y ondas del este. Los vientos del este o alisios son desplazamientos de grandes masas de aire provenientes de la Celda Anticiclónica o de Alta Presión Bermuda-Azores, localizada en la posición centro-norte del océano atlántico. Estos vientos giran en el hemisferio norte en el sentido de las manecillas del reloj, por efecto del movimiento de rotación del planeta. Atraviesan la porción central del atlántico y el mar Caribe cargándose de humedad.

El sobrecalentamiento del mar en el verano ocasiona que estos vientos se saturen de nubosidad y se enfríen relativamente al chocar con los continentes por lo que provocan las lluvias de verano. Los vientos alisios penetran con fuerza en la Península de Yucatán entre los meses de mayo a octubre y son el principal aporte de lluvia estival. A menudo las ondas del este, perturbaciones tropicales que viajan dentro de la corriente alisia, incrementan la nubosidad y la cantidad de lluvia.

Los principales fenómenos hidrometeorológicos que afectan a la zona, Yucatán son los meteoros tropicales (ciclones tropicales) y frentes fríos. Otros fenómenos de menor incidencia son las sequías, incendios forestales, temperaturas extremas, inundaciones, trombas o turbonadas, granizadas y tormentas eléctricas.

Huracanes. Durante el verano cada año, en los mares tropicales como el Caribe y golfo de México se generan fenómenos ocasionados por inestabilidades de baja presión. Esto da lugar a las tormentas tropicales y dependiendo de la energía acumulada se puede llegar a formar un ciclón o huracán. Las tormentas tropicales y huracanes se desplazan en el hemisferio norte en el sentido contrario al de las manecillas del reloj con una trayectoria de este a oeste y posteriormente hacia el norte. Dependiendo del sitio en que se originen tendrá su trayectoria particular pueden llegar a tocar tierra y ocasionar daños de diferente magnitud.

De acuerdo a la regionalización de riesgo de huracanes desarrollada por SEDESOL en conjunto con el Instituto Nacional de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, el área del proyecto se localiza en una región del estado yucateco catalogada con un riesgo de incidencia alto con respecto al total de zonas con riesgo de ocurrencia de huracanes.

Nortes. Los frentes fríos, comúnmente denominados "nortes", llegan a Yucatán a través del Golfo de México. Las masas de viento continental se forman en las latitudes altas de Norteamérica (Estados Unidos y Sur de Canadá) y son arrastradas por las fuertes corrientes de chorro que corren de oeste a este desde el Océano Pacífico.

Durante su desplazamiento, la masa de aire frío desplaza al aire más cálido, causa descensos rápidos en las temperaturas en las regiones por donde transcurre el fenómeno. Año con año en la Península de Yucatán se presenta este tipo de fenómeno meteorológico durante la temporada invernal de octubre a marzo.

Los nortes son grandes masas de aire frío que descienden del polo, produciendo al chocar con las masas de aire húmedo tropical, frecuentes chubascos y tormentas eléctricas en la zona intertropical durante el invierno para el hemisferio norte, zona que con frecuencia se desplaza hacia el norte hasta llegar a quedar sobre la Península de Yucatán.

Los nortes ocasionan la lluvia invernal, que en algunos años ha llegado a ser tan elevada que abarca el 15% del total de precipitación anual. La duración del efecto de los nortes puede ser en promedio tres días, tiempo en el que cubre su trayectoria.

El Municipio se ubica en una zona tropical, de modo que se ve afectado por diversidad de fenómenos hidrometeorológicos casi todo el año, excepto abril y mayo, considerados meses de "temporada de secas".

Inundaciones. El municipio en el cual se encuentra inmerso el proyecto es propenso a inundaciones temporales debidas a eventos climáticos extremos como los huracanes, descritos anteriormente.

Sequia intraestival o canícula. La sequía de medio verano o canícula es la disminución en la cantidad de lluvia durante el periodo lluvioso, esta merma puede ser de uno, dos o tres meses, este fenómeno varía en su intensidad cada año. Es ocasionado por interferencias de Vaguadas Polares sobre los vientos alisios que disminuyen su fuerza.

Las vaguadas polares son inestabilidades atmosféricas de las capas altas provenientes de los polos y denominadas así por tener forma de >V>, esta condición es conocida en meteorología como retorno al invierno, dependiendo de la fuerza de esta, puede llegar a ocasionar daños en los cultivos.

Radiación solar. La radiación solar está influida por condiciones de nubosidad en esta región. Los valores más altos de radiación solar total se presentan en los meses comprendidos de abril a julio, con 525 ly/día, donde ly=Langley=constante solar=1.4, cal/gr/cm^2/min.

En cuanto a los valores mínimos absolutos de radiación solar total, existe una diferencia entre el norte y sur de la región; para la porción norte los valores mínimos se presentan en diciembre y enero, con 375 ly/día; para la porción sur, se trata de los mismos meses y la variación es de 400 ly/día o sea que los valores registrados en la porción norte son ligeramente más bajos que los de la porción sur, debido a la nubosidad provocada por los nortes que llegan al territorio. A partir de noviembre el valor registrado en la parte norte es menor que para el sur. También

para el norte se ha registrado un número menor de días despejados (de 50 a 100 días al año). Es importante señalar que el sitio de proyecto se encuentra ubicado en la parte norte del estado.

Por todo lo anterior, se deduce que la distribución de la radiación solar total en la región durante el año, depende tanto de la posición del sol como de la distribución de la nubosidad en las diferentes estaciones. Los máximos de energía que se reciben en los meses de abril a julio, coincidentes con el desplazamiento aparente del sol hacia el norte, lo que se traduce en días más largos, de creciente energía, distribuida en forma homogénea cuando no existe orografía importante en la región.

El predio donde se desarrollará el proyecto está sujeto a ser impactado por cualquiera de los intemperismos mencionados anteriormente, sin embargo, el proyecto no provocará o incidirá en la presencia de estos intemperismos.

B) GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

- **Geología**

Las rocas más antiguas de la península se localizan en su zona sur y centro (Mioceno y Eoceno); las más recientes, del Pleistoceno, están en la porción norte lo largo de la costa oriental de la península (Butterlin y Bonet, 1963). Fue en las primeras etapas del Cretácico cuando se ubican las primeras depositaciones masivas de carbonatos y evaporitas que eventualmente dieron origen la península (Weidie *et al.*, 1978). Esta enorme losa calcárea alimentada por la sedimentación de los fondos marinos fue ascendiendo con pausas y retrocesos hasta fines del Cenozoico (López-Ramos, 1974, 1976, 1983). Por lo que toda la superficie estatal queda comprendida en la Era del Cenozoico con una edad aproximada de 63 millones de años.

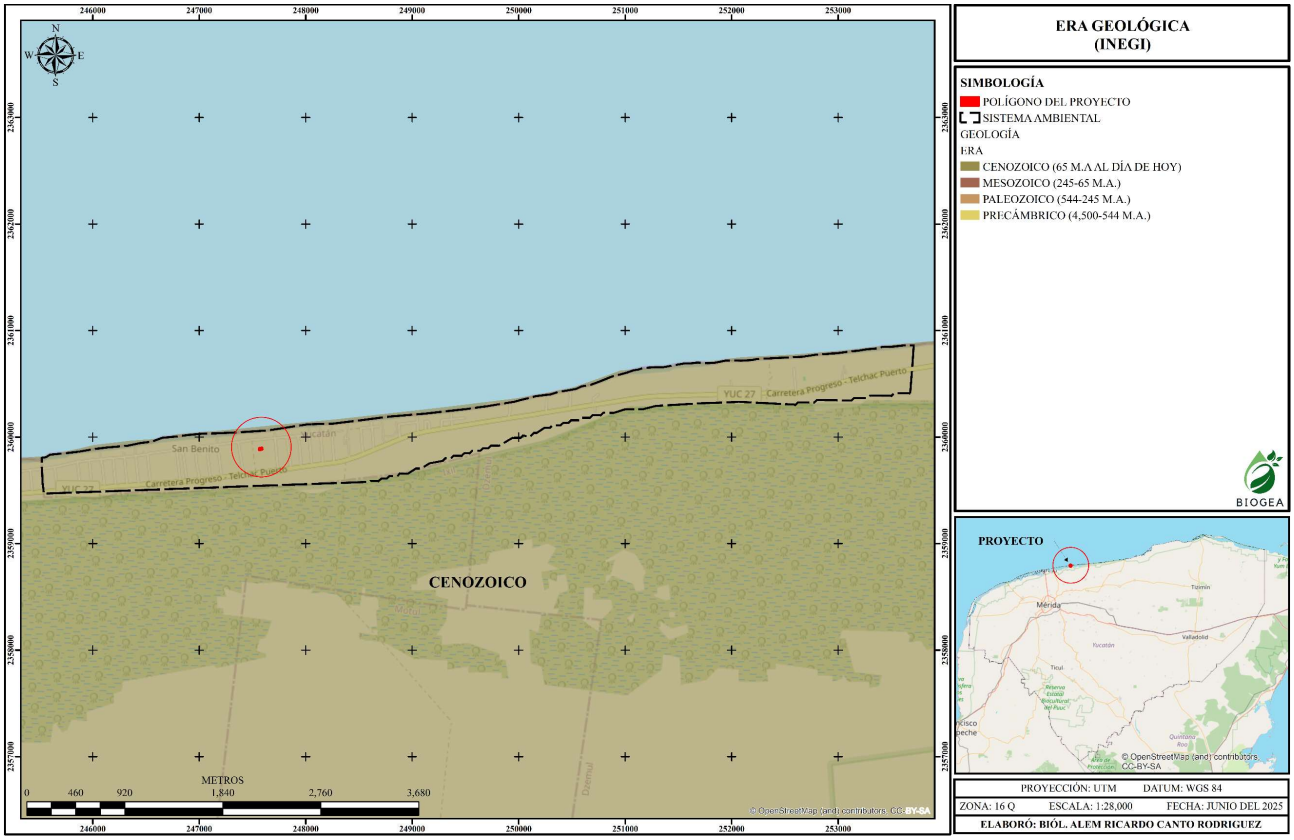


Figura III.16. Geología de la RE donde se encuentra inmerso el proyecto.

Así, el desarrollo paleogeográfico de Yucatán se caracteriza porque en el Plioceno la parte central de la península se encontraba por encima del nivel del mar; la zona de Mérida, al norte, y Chichén Itzá y Balancanché al oriente, marcaban las líneas costeras pleistocénicas. En el Pleistoceno emergió alrededor de esta porción un margen costero que abarca la parte norte de Yucatán y Quintana Roo. La última invasión del mar del Pleistoceno que cubrió la parte norte de la península se dio probablemente durante el periodo interglacial denominado Yarmouth, cuando el nivel del mar era estaba alrededor de 30 m por encima del actual; en esa época la línea costera estaba en la base de la Sierrita de Ticul.

El estado de Yucatán, geológicamente es la parte más joven de la Península y posee las mismas características geológicas que los otros dos estados que la componen; en este estado la roca sedimentaria cubre 95.8% de su territorio y sólo 4.2% es de suelo. La roca sedimentaria del Periodo Terciario abarca 82.6%, se localiza en todo el estado excepto en su parte norte; donde aflora la roca sedimentaria del Cuaternario con 13.2% y paralelamente a la línea de costa, se ubica el suelo.

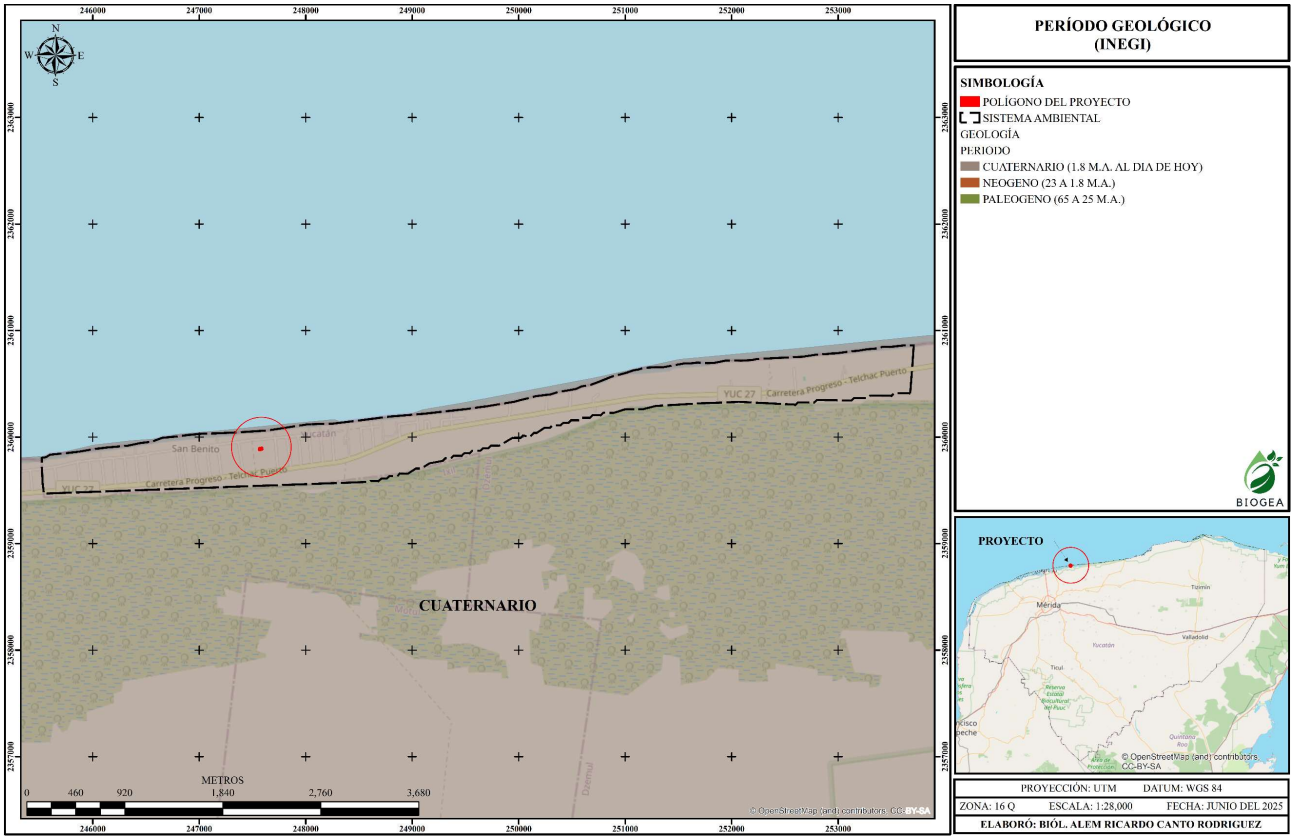


Figura III.17. Geología de la RE donde se encuentra inmerso el proyecto.

La zona del municipio de Dzemul, en donde se encuentra la Región Ecológica y el predio del proyecto, es la región denominada Cuaternario, el cual es un afloramiento dispuesto en una franja a lo largo de las costas del Norte y el Oeste de la Península. Las calizas consolidadas pertenecen al Pleistoceno y los niveles más elevados, así como los depósitos costeros son del Holoceno. En general la zona está formada por calizas no diferenciadas con conchas masivas.

- **Geomorfología**

México tiene una diversidad de formas de relieve que lo convierte en unos de los países del mundo con mayores características y variedades topográficas. Estas influyen en las condiciones climáticas, tipos de suelo, vegetación, e incluso en las actividades económicas. Con base en sus características geomorfológicas, el territorio mexicano se divide en 15 provincias fisiográficas; cada una está definida como una región de paisajes y rocas semejantes en toda su extensión (INE)

El estado de Yucatán pertenece a la provincia fisiográfica denominada “Península de Yucatán”, la cual está formada por una plataforma calcárea de origen marino, que empezó a emerger aproximadamente desde hace 26 millones de años, siendo la parte norte la más reciente; es de terreno plano con una pequeña cadena de 100 Km de largo y 5 Km de ancho con 100 m de elevación máxima que se extiende de Sahcabá y Muna a Ticul y Tul, para terminar al sur de Peto, que al norte de la península se le conoce como Sierrita de Ticul. Subterráneamente, se integra una red cavernosa por donde fluyen corrientes de agua; El colapso de los techos de las cavernas ha formado numerosas depresiones llamadas “dolinas”; estas formaciones son conocidas regionalmente como “reholladas” o

"sumideros" cuando no poseen agua y se les llama "cenotes" cuando el agua es visible (Enciclopedia de los Municipios de México).

Así mismo, la provincia fisiográfica "Península de Yucatán" se divide en dos subprovincias fisiográficas; la subprovincia *Carso yucateco*, en donde se ubica el área del proyecto, que ocupa casi el 88% del estado y la subprovincia *Carso y lomerías de Campeche*, ubicada en la parte sur con un 12% de ocupación aproximadamente. El sistema de topoformas en donde se ubica el área de influencia es de llanura, específicamente llanura rocosa de piso rocoso o cementado (INEGI).

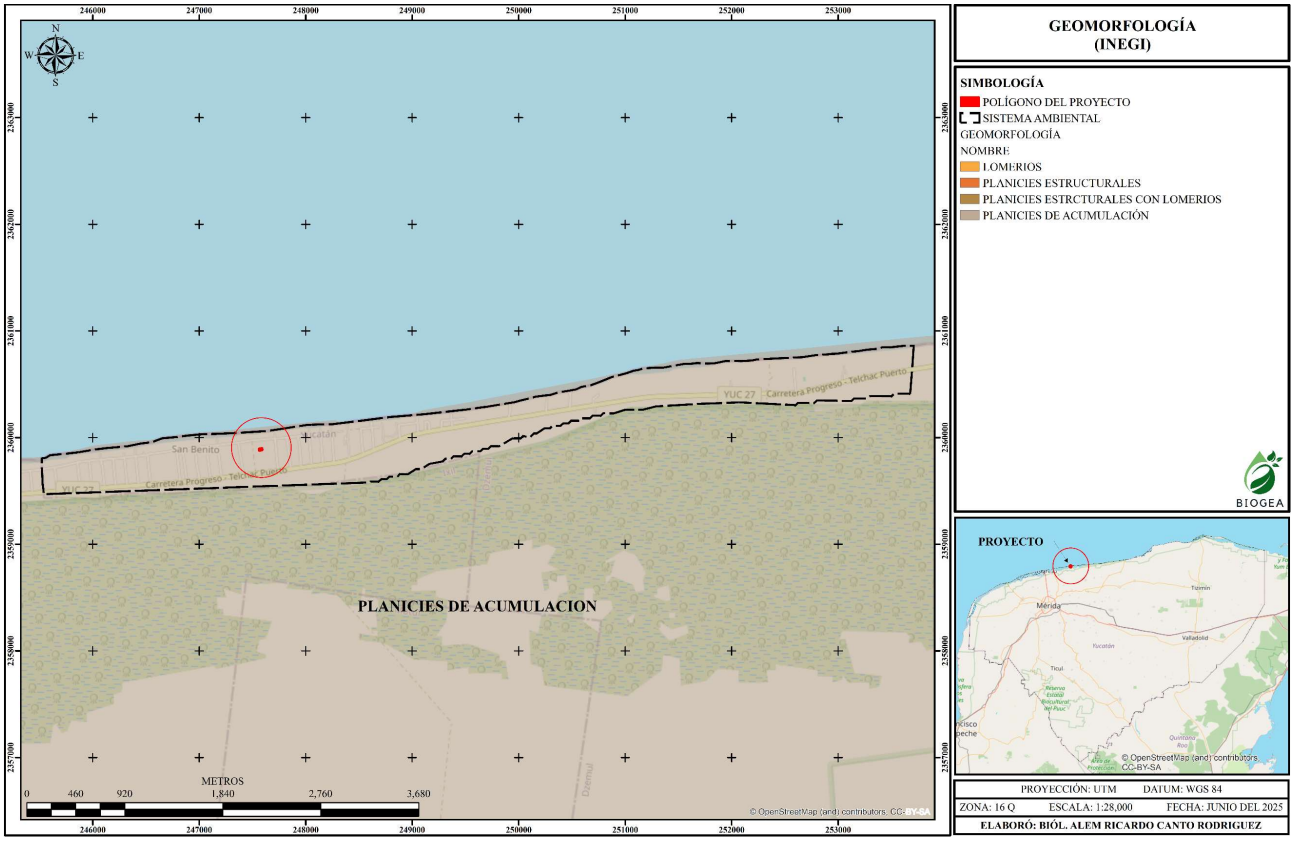


Figura III.18**.** Geomorfología de la Región Ecológica.

C) SUELOS

Desde el punto de vista edáfico el estado de Yucatán se distingue por la predominancia de suelos someros y pedregosos, de colores que van del rojo al negro, pasando por diversas tonalidades de café; por su textura franca o de migajón arcilloso en el estrato más superficial y por regla general la ausencia del horizonte C en la mayoría de los casos. Asimismo, estos suelos muestran por lo general un abundante contenido de fragmentos de roca desde 10 hasta 15 cm de diámetro, tanto en la superficie como en el interior de su breve perfil, además de que regularmente se ve acompañada de grandes y frecuentes afloramientos de la típica coraza calcárea yucateca. Otra característica que cabe mencionar es que los diferentes tipos de suelos es común encontrarlos dentro de pequeñas asociaciones de dos o más tipos de suelos, los cuales corresponden casi exactamente a la combinación de topoformas que configuran el relieve de cada lugar.

El estado de Yucatán presenta un conjunto de suelos entre los cuales están presentes las rendzinas, litosoles, luvisoles, solonchaks, cambisoles, regosoles, vertisoles, nitosoles, histosoles y gleysoles; en términos de extensión superficial, se aprecia la amplia predominancia de los tres primeros sobre los restantes.

Las características principales, los factores limitantes, la nomenclatura maya y la de FAO -UNESCO y el uso o cobertura vegetal que sustentan los suelos de la Península de Yucatán se presentan en la Tabla siguiente:

Tabla III.5. Clasificación maya y FAO/UNESCO y características principales de los suelos de la península de Yucatán (Fuente: Patiño., *et al,* 1994).

CLASIFICACIÓN MAYA	FAO/ UNESCO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	FACTORES LIMITANTES	USO O COBERTURA VEGETAL
Cháaltun	Litosol	Suelo oscuro, franco limoso, carbonatado, alta pedregosidad	someros 5 a 10 cm de profundidad, rocosidad	Selva baja espinosa, rala. Cultivos: henequén.
Tzek'el	Litosol	Suelo de color gris oscuro, < de 10 cm de profundidad, calcáreo, pedregoso, franco arcilloso.	Topografía irregular, profundidad reducida, alta pedregosidad y rocosidad.	Selva baja o mediana, henequén, temporal (milpa y pastizales).
Pùus lu'um	Rendzina	Suelo gris oscuro, calcáreo, de 20 a 30 cm de profundidad, franco arcilloso, buen drenaje.	Topografía irregular, poco profundos, infiltración rápida, pedregosidad y rocosidad, moderadas.	Selvas baja y mediana agricultura temporal (milpa), pastizales.
Chak lu'um	Castañozem Cambisol	Suelo pardo oscuro 20 a 50 cm, franco arcilloso, drenaje bueno, carbonatado, estructura estable, pedregoso.	Topografía irregular, poco profundos, pedregosidad, fragmentado del suelo.	Selvas medianas y/o baja. Agricultura de temporal (milpa) y pastizal.
Kankab	Luvisol crómico	Suelo rojo, 40 a 70 cm de profundidad, arcilloso a arcillo-limoso, buen drenaje, pedregosidad moderada.	Afloramientos rocosos. Profundidad	Selva mediana y/o baja, Agricultura de riego y fruticultura.
Arenas	**Regosol**	Arenas marinas recientes, sueltas, calcáreas; muy rápida infiltración.	Textura arenosa	Palma de coco
Ya'axhom	Nitosol éutrico	Suelo rojo pardo, profundo, arcilloso, buen drenaje, poca pedregosidad.	Ninguno	Agricultura de riego y fruticultura.
Aak'alché Gris	Vertisol Gleysol	Suelo gris oscuro, profundo, arcilloso, drenaje lento.	Arcilla montmorillonitica, drenaje muy lento e infiltración lenta.	Agricultura de temporal.

El terreno estudiado presenta las siguientes características edafológicas: de acuerdo con la clasificación de la FAO/UNESCO y del INEGI, se caracteriza por ser básicamente de tipo **Regosol** (Figura IV.7).

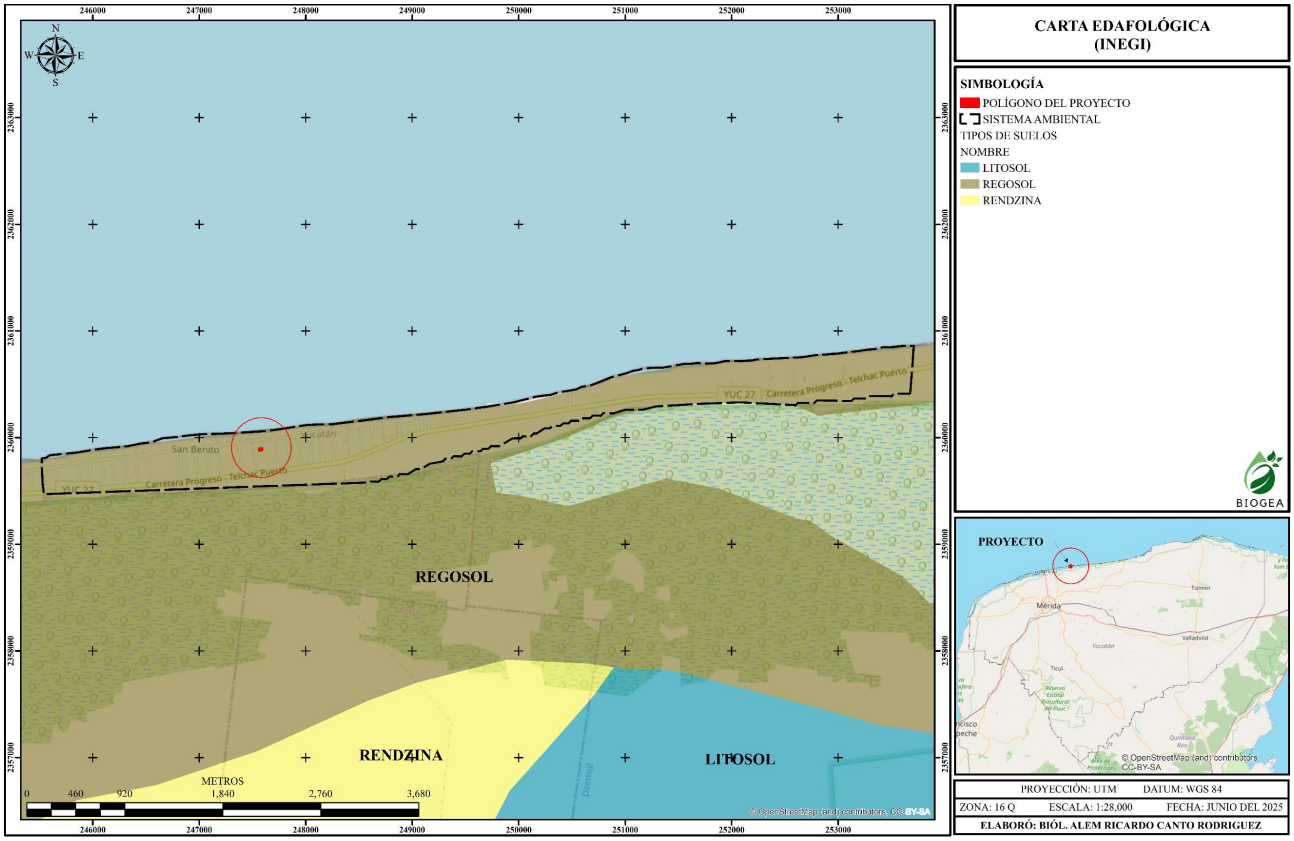


Figura III.19**.** Mapa edafológico del área bajo estudio en donde se observa que el suelo dominante.

En la planicie costera se forman regosoles, suelos inmaduros resultado de la acumulación de material calcáreo reciente (conchas y conchuela), sin consolidación, escasos nutrientes, donde se cultivan palmas y donde se puede fijar vegetación pionera de duna costera. En la zona se presentan depósitos compuestos por arenas calcáreas de grano fino y medio. Las arenas están constituidas principalmente por fragmentos de conchas. La unidad presenta un color crema y abundantes conchas de organismos marinos recientes principalmente bivalvos y gasterópodos. Este suelo está sujeto a la constante acción erosiva del oleaje.

Desde un punto de vista general, los regosoles se caracterizan por ser suelos que no muestran ninguna diferenciación de su perfil en términos de horizontes edáficos bien definidos. En el estado de Yucatán aparecen dos variantes de este tipo de suelo, notablemente diferentes entre sí:

1) La primera de ellas corresponde a los depósitos arenosos de la costa, formados por una sucesión de capas superpuestas de material arenoso de origen conchífero, que en conjunto presentan profundidades mayores de un metro. Estos son suelos de colores claros, cuya capa más superficial es de color café amarillento o crema, aclarándose conforme aumenta la profundidad donde aparece dominado el color gris amarillento, casi blanco. Se trata de suelos de textura gruesa, con más de 90% de arena, sin estructura y escaso contenido de materia orgánica, generalmente menor del 1%, y relativamente alcalinos, con valores de pH que varían entre 7.5 y 8.5. Son suelos que a pesar de su cercanía al mar se mantienen libres de sales solubles, aunque no así en el caso del sodio que llega a ocupar poco más del 20% de la capacidad de intercambio catiónico, pues sus valores son por lo regular muy bajos, menores de 3 meq/100 gr. Asimismo, la saturación de bases es del orden del 100% destacando el calcio

como el elemento más abundante, seguido del magnesio. Estos regosoles son suelos poco fértiles debido a la escasa vegetación que crece sobre ellos, lo cual impide la acumulación de materia orgánica humificada. Esta condición, junto con su posición frontal a vientos y mareas, favorece también la inestabilidad de estos suelos, lo que se traduce en la formación de las playas y dunas que caracterizan al cordón litoral de la entidad.

2) La segunda variante de regosoles que aparece en el estado de Yucatán se distingue de la anterior porque en este caso se trata de suelos someros, no mayores de 50 cm de espesor, formados por materiales de color amarillento oscuro, cuya textura es franca o de migajón arcilloso. Además, estos suelos presentan, ya un ligero desarrollo en su estructura, motivado quizá por su mayor contenido de materia orgánica el cual varía entre 4.5 y 15.8% en la capa más superficial. Estos regosoles generalmente se presentan en fase lítica, salina y sódica, probablemente por su localización en la angosta franja de terrenos que separa la ciénega de la tierra firme propiamente dicha.

En las playas y zonas costeras del estado de Yucatán se evaluó la vulnerabilidad considerando su ancho, la presencia de vegetación de duna y el grado de antropización en la zona; se clasificó en alta, media y baja. El 7.6% de las playas presenta una vulnerabilidad alta a ser erosionada, 37.7% presenta vulnerabilidad media y 55%, vulnerabilidad baja. Por municipios, Progreso es el que presenta mayor porcentaje de alta vulnerabilidad (49%). Otros municipios con alta vulnerabilidad son: Yobaín (24.3%), Dzidzantún (11.6%), Sinanché (8.8%) y Telchac Puerto (8.7%). En los municipios de Sinanché, Ixil, Telchac Puerto, Ría Lagartos y San Felipe, más de la mitad de sus playas presentan una vulnerabilidad media a la erosión (POETCY, 2007).

D) HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

El área de estudio queda comprendida dentro de la 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. La ausencia de escurrimientos superficiales en el estado de Yucatán se compensa con los abundantes depósitos de agua subterránea. La economía hídrica en la Plataforma Yucateca es eminentemente subterránea.

Del agua meteórica que recibe anualmente la entidad, alrededor del 90% se infiltra a través de las fisuras y oquedades de la losa calcárea, y el 10% complementario es interceptado por la cobertura vegetal retornando después a la atmósfera a través del proceso de evapotranspiración.

El agua que se encuentra en el subsuelo circula a través de las fracturas y conductos de disolución (conductos cársticos) que están a diferentes profundidades en el manto freático. Debido a que no existen otras fuentes de agua en la región, es el agua subterránea la que se utiliza para todos los fines.

En la Península de Yucatán, no se encuentran depósitos superficiales de agua, dadas las características geomorfológicas de la zona, por lo que se cuenta con un sistema hidrológico subterráneo, el cual se encuentra conformado por 3 mantos freáticos a diferentes profundidades y con características muy particulares. La primera es la zona de agua dulce, que se forma como resultado de la infiltración del agua de lluvia, esta sección del manto

acuífero descansa sobre la segunda zona, la de agua salobre, llamada también zona de mezcla o interfase salina, y por último, se encuentra la tercera zona, la de agua salada a profundidad.

El estado de Yucatán es famoso por la presencia de una gran cantidad de los llamados cenotes, que son acuíferos subterráneos expuestos, formados por el hundimiento total o parcial de la bóveda calcárea. También son frecuentes y voluminosos los acuíferos subterráneos no expuestos, que forman un sistema de vasos comunicantes que desembocan al mar, con profundidades de niveles freáticos que varían de dos a tres metros en el cordón litoral, hasta 130 m en el vértice sur del estado. Es importante mencionar que en el territorio yucateco hay una ausencia total de corrientes superficiales de agua, sin embargo, están presentes los cuerpos de agua superficiales Laguna Flamingos y Laguna Rosada, así como los Esteros Celestún, Yucalpetén, Río Lagartos, El Islote y Yolvé.

Localización del recurso, profundidad y dirección del flujo subterráneo

El manto freático en el área de estudio varía de profundidad encontrándose de 2 m a 5 m aproximadamente. Es importante considerar que el nivel del manto freático sufre variaciones a lo largo del año en función de las precipitaciones pluviales. Incrementa su posición en función de la recarga y lo contrario con la descarga del acuífero en el período de estiaje. La variación de este nivel es exclusiva de la frecuencia de las lluvias que saturan la zona de aireación y permiten que el agua que se infiltran, percolen hasta alcanzar la profundidad del nivel freático.

En la zona de estudio como en la península de Yucatán el agua subterránea se mueve en dirección norte-noroeste, hacia la costa noroeste. El agua subterránea se mueve de las zonas de mayor precipitación, hacia la costa en una dirección norte-noroeste, donde se realiza la descarga natural del acuífero por medio de una serie de manantiales ubicados a lo largo del litoral peninsular.

De acuerdo con el POETY a Yucatán le corresponden cuatro zonas geohidrológicas: 1) Regiones costera, 2) Semicírculo de cenotes, 3) Planicie Interior y 4) Cerros y valles. Con base en lo anterior, el sitio del proyecto se ubica en la zona geohidrológica “Regiones costera”, tal como se puede observar en siguiente figura:

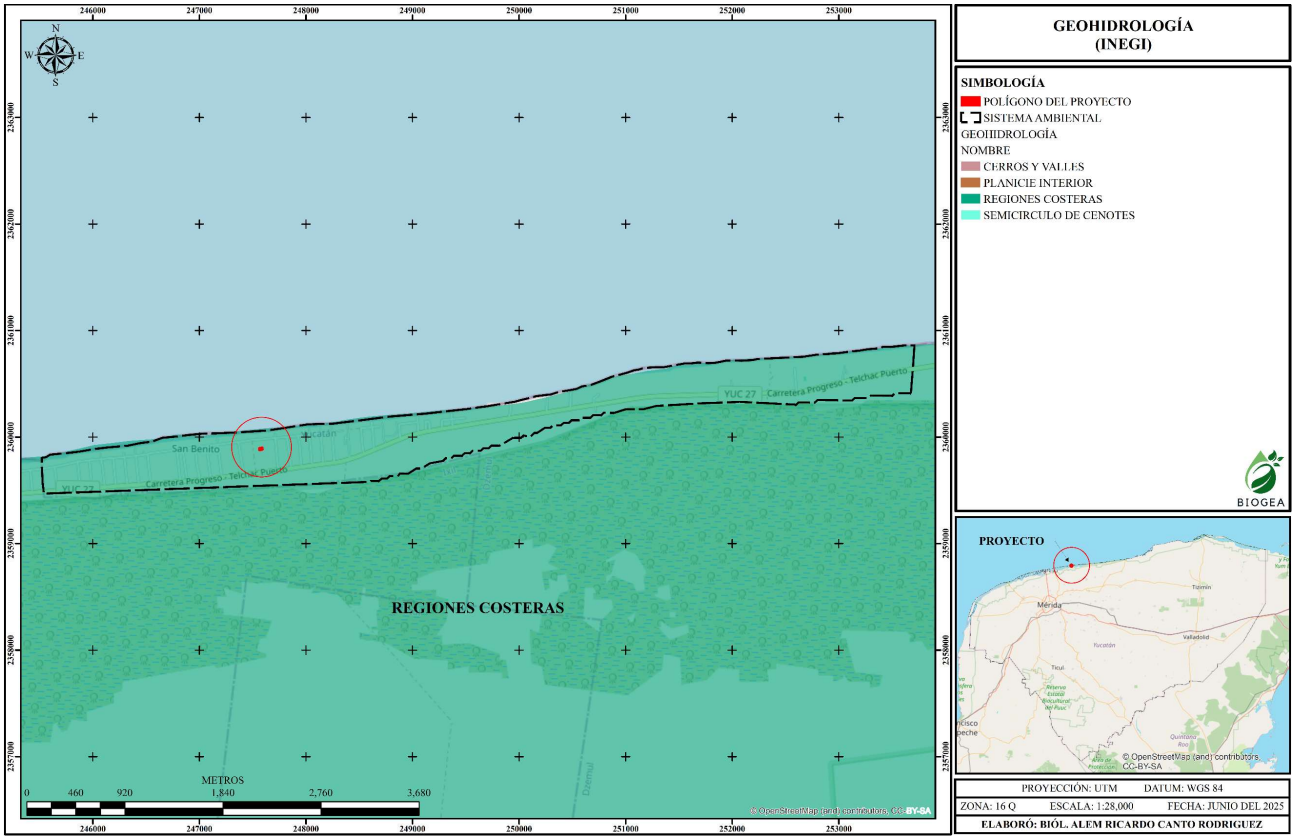


Figura III.20. Geohidrología presente en la RE del proyecto.

Región Costera

Se caracteriza por desarrollarse a lo largo de la costa con una superficie de 20,424 km^2 y reúne un aporte considerable de agua por flujo subterráneo, alrededor del 70% de su recarga natural. Debido a su alto contenido de sales por su cercanía al mar y por la presencia de la intrusión salina, su explotación es mínima. Los aportes de los flujos subterráneos provienen principalmente de las zonas de Cerros y Valles y de la Planicie Interior.

Análisis de la calidad del agua

Con respecto a la calidad del agua subterránea, Pacheco *et al*., (2004) realizaron un diagnóstico en los pozos de extracción de las 106 cabeceras municipales de Yucatán, evaluando la calidad química y bacteriológica del agua subterránea. Los parámetros fueron comparados con los límites permisibles reportados por las normas oficiales. De manera general, la calidad química del agua subterránea con fines de abastecimiento en los sistemas municipales es aceptable para la mayoría de los municipios, ya que, de los 22 parámetros químicos estudiados, solo cinco (nitratos, cloruros, sodio, dureza total y cadmio) excedieron los límites máximos permisibles por la Norma (NOM-127-SSA1-1994); sin embargo, la calidad bacteriológica no es aceptable. Esto se debe a que la naturaleza fisurada del subsuelo hace que el movimiento del agua hacia el nivel freático sea más rápido por lo que la zona insaturada (o vadosa) casi no tiene capacidad de atenuación, en especial, en lo que se refiere a la contaminación microbiológica, ya que la apertura de las fisuras es mayor que los microorganismos patógenos (Pacheco *et al*., 2004).

Como se puede observar en la **Tabla IV.5**, el municipio de Dzemul (municipio en donde se encuentra inmerso el área de estudio) presenta valores de coliformes fecales que van de 0-10 NMP/100 ml, cuyos niveles es para considerarse como aceptables. No obstante, los niveles de nitratos, al igual que en otros municipios, varía entre 2.57-25.00 mg/l, y esto puede deberse a que en estas zonas la densidad de población es relativamente alta.

Tabla III.6. Valores de los parámetros químicos para el municipio de Dzemul.

PARÁMETROS	DZEMUL
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	0 -10(Aceptable)
Nitratos (mg/l)	2.57 - 25
Cloruros (mg/l)	52 - 200
Sodio (mg/l)	32 - 150
Dureza total (mg/l)	256 - 400
Cadmio (mg/l)	0 - 0.020
Nivel de contaminación	**Sin Contaminación**

Es importante considerar que el proyecto consiste en la construcción y operación de una vivienda unifamiliar que contará con diversos servicios, por lo que se generarán aguas residuales de manera variable, principalmente durante la temporada vacacional, cuando se prevé una mayor ocupación del inmueble. Durante la etapa de preparación del sitio y construcción, el manejo de las aguas residuales sanitarias se realizará mediante letrinas móviles, cuyo mantenimiento y servicio estarán a cargo de una empresa especializada, garantizando su adecuada recolección y disposición final. Por otra parte, durante la etapa de operación se instalará un Sistema Individual de Tratamiento de Aguas Residuales DLD14 (SITAR), el cual emplea procesos biológicos anaerobios y sedimentación de alta tasa para favorecer la degradación de la materia orgánica y la retención de sólidos suspendidos presentes en las aguas residuales domésticas. Este sistema permite reducir la carga contaminante del agua residual antes de su disposición final, sin requerir suministro de energía eléctrica para sus procesos internos de tratamiento. Su instalación y funcionamiento se realizarán conforme a las especificaciones técnicas del fabricante, considerando las características del suelo, la permeabilidad del terreno y la profundidad del nivel freático, a fin de prevenir posibles afectaciones al subsuelo y al acuífero. Para mayor detalle sobre las características y funcionamiento del sistema propuesto, véase el Anexo 7 del presente estudio.

Zona Geohidrológica Semicírculo de Cenotes

Esta zona geohidrológica tiene una superficie de 12,276 km^2, y se localiza totalmente en el estado de Yucatán en su parte noroeste; recibe una lámina de precipitación media anual de 900 mm por lo que la recarga vertical es pequeña. El volumen llovido alcanza un valor de 11,000 Mm^3. El problema principal es debido a que en esta zona se localiza la Ciudad de Mérida, que, con una población de 705,055 habitantes, produce una fuerte contaminación de origen antropogénico, ya que las aguas residuales no son tratadas adecuadamente.

Esta zona está delimitada por una banda de cenotes, que demarca una frontera entre calizas fracturadas fuera de la estructura y no fracturadas dentro de la misma; así mismo, contiene aguas de la familia cálcico-bicarbonatadas de muy buena calidad, para todo uso.

Forma una estructura geológica, que propicia la migración lateral del agua subterránea, dando como resultado incrementos de flujo, disolución y colapsos, factores que intervienen en la formación de cenotes (CNA, 199738).

El agua subterránea de la zona se utiliza para uso doméstico e industrial, entre otros. El agua subterránea en la Península se mueve de las zonas de mayor precipitación, hacia la costa en una dirección norte-noroeste, donde se realiza la descarga natural del acuífero por medio de una serie de manantiales ubicados a lo largo del litoral.

Usos principales

De manera general, el agua subterránea de la zona se utiliza para uso doméstico y agrícola, entre otros usos, tal es el caso de las actividades pecuarias.

Por lo tanto, los usos dados a este recurso en la zona, son principalmente de consumo para los pequeños asentamientos localizados en el área, particularmente viviendas y algunos usos agropecuarios, tales como riego o para consumo de animales (ganado vacuno y ovino en su mayoría).

La extracción de agua subterránea a través de pozos es recargada por el volumen precipitado. La descarga natural, además de efectuarse por evapotranspiración, se realiza a través de manantiales en forma difusa en las costas norte y occidental.

Problemática ambiental

En el semicírculo de cenotes se tiene concesionado el 43% del agua y se produce el 61% de las aguas residuales. Evidentemente en el semicírculo de cenotes se genera la mayor cantidad de residuos sólidos y residuos peligrosos, así como la mayor concentración de la actividad porcícola.

El acuífero de la zona de estudio se caracteriza por una alta permeabilidad y transmisividad, poca carga hidráulica, nivel freático estable y dirección de flujo radial desde al área de recarga hasta las costas.

Las características de las aguas subterráneas de la región indican que se trata de aguas duras con alto contenido de $CaCO_2$ (mayor de 300 ppm) y una temperatura de alrededor de los 25°C. En lo que respecta a los minerales disueltos como el hierro (Fe), manganeso (Mn), sodio (Na) y a los sulfatos, las concentraciones son bajas con -0.3 ppm, 0.05 ppm, <400 ppm y <250 ppm, respectivamente (CNA, 2000). El acuífero de la zona del proyecto no se encuentra dentro de alguna categoría de protección de la CNA, y no existen por el momento restricciones de uso.

A pesar de que el agua subterránea de la zona es de muy buena calidad respecto del resto de la Península, la calidad sanitaria del agua subterránea en los municipios, se ha venido deteriorando debido al inadecuado e ineficiente tratamiento de aguas sanitarias e industriales que se descargan al manto freático y las infiltraciones al freático de contaminantes provenientes de las actividades agrícolas y pecuarias. El proyecto no modificará ninguna de las características del sistema hídrico, no modificará patrones de flujo subterráneo

III.3.2 MEDIO BIÓTICO

Para esta sección se realizaron trabajos de campo para caracterizar correctamente las especies florísticas y faunísticas encontradas tanto en el sitio de pretendida ubicación del proyecto como su respectiva área de influencia y la Región Ecológica. Dicha información podrá verse en los siguientes apartados:

A) VEGETACIÓN TERRESTRE

La flora de las dunas costeras de la Península tiene muchos elementos comunes con las comunidades de dunas de la cuenca del Mar Caribe, con algunos elementos propios de Centroamérica y el sur de México (Moreno-Casasola y Espejel, 1986, Espejel, 1987). Esta comunidad vegetal es relativamente rica en cuanto a número de especies, ya que a la fecha se ha documentado en Yucatán la existencia de 271 especies de plantas vasculares (Durán et al., 1999; 2000; 2011). Estos autores citan diecinueve especies endémicas de playas y dunas costeras para la Península de Yucatán. Éstas son: sak k'iin che' (*Bonellia albiflora*), sik'iin k'aax (*Bonellia flammea*), coastal Searocket (*Cakile lanceolata*), palma náaj k'aax (*Coccothrinax readii*), tok'abam (*Chromolaena lundelli*), kabal muk (*Crossopetalum gaumeri*), xikin burro (*Croton chichenensis*), k'ab che' (*Diospyros tetrasperma*), loroco de zope (*Echites yucatanensis*), xlu'uch che' (*Hintonia octomera*), xikin soots´ (*Dictyanthus yucatanensis*), pinta uña (*Neea choriophylla*), tsakam (*Nopalea gaumeri*), tsakam soots' (*N. inaperta*), Pitayo viejo nej kisin (*Pilosocereus gaumeri*), aak'il pak'am (*Selenicereus grandiflorus* ssp. *donkelaarii*), *Solanum dasyanthum*, k'ulub (*Pterocereus gaumeri*), y Biznaga pool miis (*Mammillaria gaumeri*). Las dos últimas son exclusivas del estado de Yucatán.

Las especies más comunes en la zona en la playa y el primer cordón de dunas son: cenizo (*Atriplex tampicensis*), verdolaga de playa (*Sesuvium portulacastrum*), bejuco de mar (*Ipomoea pes-caprae*), coastal Searocket (*C. lanceolata*), sak iits (*Euphorbia mesembrianthemifolia*), frijol de playa (*Canavalia rosea*), tabaquillo (*Suriana maritima*), sik'imay (*Tournefortia gnaphalodes*), beach-creeper (*Ernodea littoralis*), chunup (*Scaevola plumieri*), ch'ilibil su'uk (*Sporobolus virginicus*), abrojo amarillo (*Tribulus cistoides*), huizapol (*Distichlis spicata*), hierba mora (*Okenia hypogaea*), *Suaeda linearis*, Gregg's Amaranth (*Amaranthus greggii*), hierba de jabalí (*Croton punctatus*), Zacate cadillo (*Cenchrus echinatus*), saladilla (*Lycium carolinianum*), Standley's bloodleaf (*Iresine heterophylla*) y margarita de mar (*Ambrosia hispida*).

En las crestas de las dunas estabilizadas, donde pega el viento con mayor fuerza, es frecuente encontrar el pico real (*Sideroxylon americanum*), mal de ojo (*Porophyllum punctatum*), tulipan (*Malvaviscus arboreus*), azucena de agua (*Hymenocallis littoralis*), nopal serrano (*Opuntia stricta*), *Crossopetalum rhacoma*, algodón amarillo (*Gossypium hirsutum*), henequén de playa (*Agave angustifolia*), yich kaan (*Dicliptera sexangularis*) y tojitos (*Rivina humilis*).

Las especies más frecuentes en la zona de matorrales son: henequén de playa (A. angustifolia), juluub (*Bravaisia berlandieriana*), nuum tsutsuy (*Acanthocereus tetragonus*), boox cheechem (*Metopium brownei*), kanaan che' (*Quadrella incana*), ya'ay tiik (*Gymnanthes lucida*), ya'ax k'aax (*Pithecellobium keyense*), palo de rosa (*Caesalpinia vesicaria*), algodón amarillo (*G. hirsutum*), naranjillo (*Bonellia macrocarpa*), orégano xiiw (*Lantana involucrata*), *ocotillo* (*Erithalis fruticosa*), uva de mar (*Coccoloba uvifera*), siricote de playa (*Cordia sebestena*), puut mukuy (*Enriquebeltrania crenatifolia*), Biznaga pool miis (*M. gaumeri*), tulipán (*M. arboreus*), chuchuk che' (*Capparis flexuosa*), entre otras. Las principales palmas son el guano de costa (*Thrinax radiata*), palma kuka (*Pseudophoenix sargentii*), y palma náaj k'aax (*C. readii*).

En las hondonadas húmedas y secas son frecuentes el juluub (*B. berlandieriana*), boox cheechem (*M. brownei*), ya'ay tiik (*G. lucida*), pico real (S. americanum), pasto pata de pollo (*Dactyloctenium aegyptium*), huizapol (*D. spicata*), tok'abam (*Chromolaena lundelli*), beach-creeper (*E. littoralis*), tabaquillo (S. maritima), Maracuyá silvestre (*Passiflora foetida*), verdolaga de playa (*S. portulacastrum*), amor seco del monte (*Alternanthera flavescens*), entre otras.

En cuanto a las especies endémicas de playas y dunas costeras para la Península de Yucatán, Moreno-Casasola y Espejel (1986) así como Durán *et al.* (2011) citan diecinueve especies, las cuales son: Sak k'iin che' (*Bonellia albiflora*), Sik'iin k'aax (*Bonellia flammea*), Coastal Searocket (*Cakile lanceolata*), Palma náaj k'aax (*Coccothrinax readii*), Tok'abam (*Chromolaena lundelli*), Kabal muk (*Crossopetalum gaumeri*), Xikin burro (*Croton chichenensis*), K'ab che' (*Diospyros tetrasperma*), Loroco de zope (*Echites yucatanensis*), Xlu'uch che' (*Hintonia octomera*), Xikin soots´ (*Dictyanthus yucatanensis*), Pinta uña (*Neea choriophylla*), Tsakam (*Nopalea gaumeri*), Tsakam soots' (*N. inaperta*), Pitayo viejo nej kisin (*Pilosocereus gaumeri*), Aak'il pak'am (*Selenicereus grandiflorus* ssp. *donkelaarii*), K'ulub (*Pterocereus gaumeri*), y Biznaga pool miis (*Mammillaria gaumeri*). Las dos últimas son exclusivas del estado de Yucatán.

De acuerdo a la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI (Serie VII), la zona en la cual se pretende establecer el proyecto es clasificada como ASENTAMIENTOS HUMANOS, establecida en una zona urbana construida, por lo que la vegetación ha sido afectada, contando con vegetación diferente a la original. En la siguiente imagen se presenta el tipo de vegetación de acuerdo a la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, SERIE VII (2021) en la que se encuentra inmerso el proyecto:

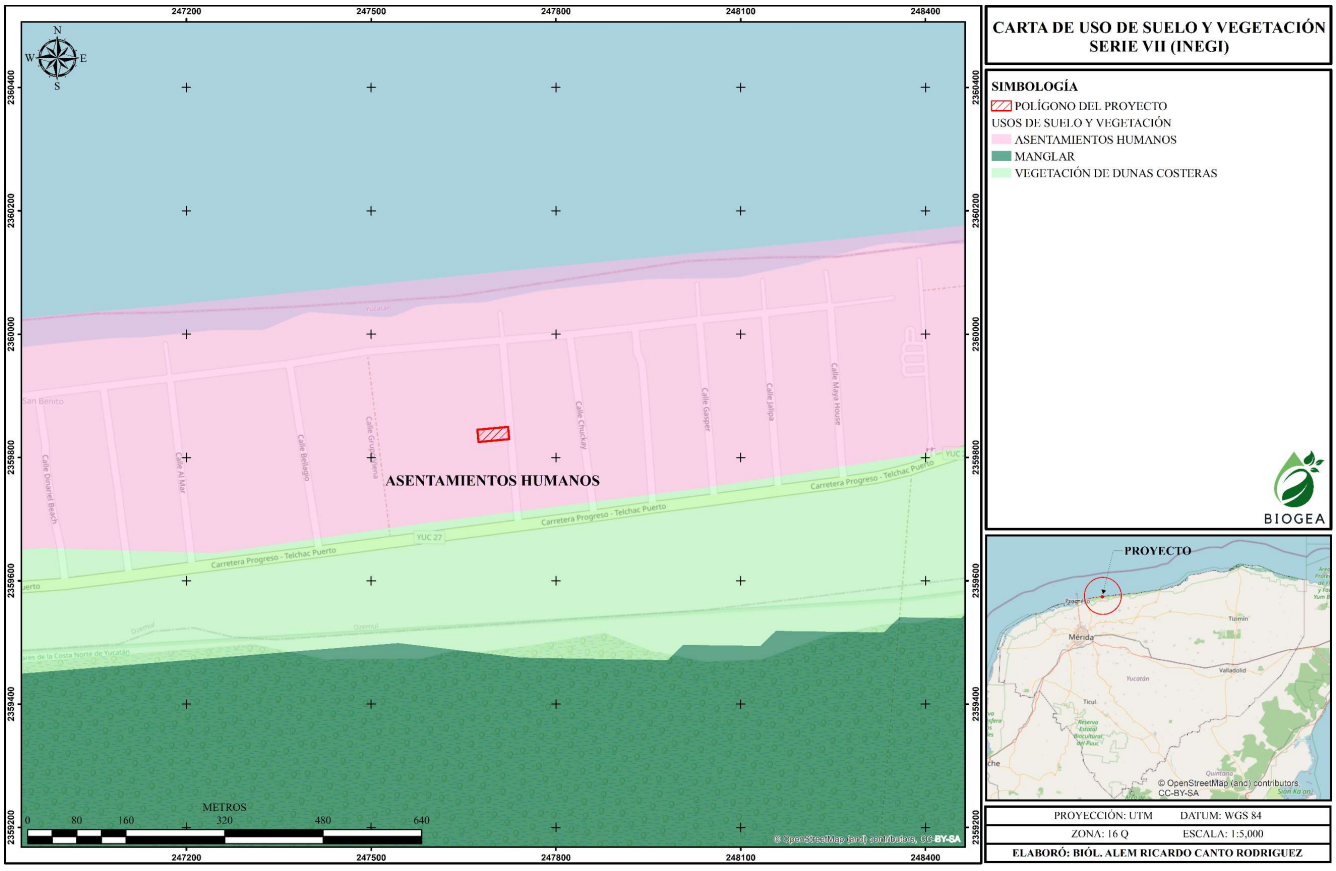


Figura III.21. Ubicación del proyecto en la carta de uso de suelo y vegetación INEGI serie VII.

Tabla III.7. Para los muestreos de flora se consideró lo siguiente.

Tipos (Aleatorio, Simple, Sistemático, otro)	Métodos (Transecto, lineal, área, puntual)	Número de sitios de muestreo	Horario de muestreo (diurno, nocturno)	Estacionalidad (lluvias, secas, primavera, verano, otoño, invierno)	Fecha de realización y esfuerzo del muestreo	Comunidad Perenne o estacional	Comunidad Acuática o terrestre
Sistemático	Cuadrantes (área)	18 (6 AP, 6 AI y 6 RE)	Diurno	Primavera (temporada de secas)	Abril de 2026. Se establecieron 6 sitios de muestreo de 16 m² en cada unidad de muestreo, equivalentes a 96 m² de superficie muestreada por cada unidad de muestreo, aproximadamente 9.6% de intensidad de muestreo con respecto al predio	Perenne y estacional	Terrestre

Tabla III.8. Especies potenciales de flora.

No.	Nombre científico	Forma de vida	Registrada en campo
1	*Acanthocereus tetragonus*	Herbácea/Cactácea	Sí
2	*Agave angustifolia*	Herbácea suculenta	Sí
3	*Ambrosia hispida*	Herbácea	Sí
4	*Anthurium schlechtendalii*	Herbácea	Sí
5	*Canavalia rosea*	Herbácea rastrera	Sí
6	*Cyperus rotundus*	Herbácea	Sí
7	*Cyrtopodium macrobulbon*	Herbácea	Sí
8	*Eragrostis ciliaris*	Herbácea	Sí
9	*Flaveria linearis*	Herbácea	Sí
10	*Lantana involucrata*	Herbácea-arbustiva	Sí
11	*Mammillaria gaumeri*	Cactácea	Sí
12	*Myrmecophila christinae*	Epífita	Sí
13	*Opuntia stricta*	Cactácea	Sí
14	*Passiflora foetida*	Trepadora	Sí
15	*Porophyllum punctatum*	Herbácea	Sí
16	*Selenicereus grandiflorus*	Cactácea trepadora	Sí
17	*Tillandsia balbisiana*	Epífita	Sí
18	*Bonellia macrocarpa*	Arbusto	Sí

No.	Nombre científico	Forma de vida	Registrada en campo
19	*Bravaisia berlandieriana*	Arbusto	Sí
20	*Capparis pachaca*	Arbusto	Sí
21	*Coccoloba uvifera*	Arbusto-arbórea	Sí
22	*Coccothrinax readii*	Palma	Sí
23	*Crossopetalum rhacoma*	Arbusto	Sí
24	*Enriquebeltrania crenatifolia*	Arbusto	Sí
25	*Gossypium hirsutum*	Arbusto	Sí
26	*Gymnanthes lucida*	Arbusto-arbórea	Sí
27	*Malvaviscus arboreus*	Arbusto	Sí
28	*Metopium brownei*	Arbusto-arbórea	Sí
29	*Pithecellobium keyense*	Arbusto-arbórea	Sí
30	*Quadrella incana*	Arbusto	Sí
31	*Sideroxylon americanum*	Arbusto-arbórea	Sí
32	*Tara vesicaria*	Arbusto	Sí
33	*Thrinax radiata*	Palma	Sí
34	*Ipomoea pes-caprae*	Herbácea rastrera	Potencial
35	*Ipomoea stolonifera*	Herbácea rastrera	Potencial
36	*Sesuvium portulacastrum*	Herbácea halófita	Potencial
37	*Sporobolus virginicus*	Gramínea	Potencial
38	*Distichlis spicata*	Gramínea	Potencial
39	*Euphorbia mesembryanthemifolia*	Herbácea	Potencial
40	*Chamaesyce buxifolia*	Herbácea	Potencial
41	*Suriana maritima*	Arbusto	Potencial
42	*Tournefortia gnaphalodes*	Arbusto	Potencial
43	*Ernodea littoralis*	Arbusto	Potencial
44	*Hymenocallis littoralis*	Herbácea	Potencial
45	*Conocarpus erectus*	Arbórea	Potencial
46	*Cordia sebestena*	Arbórea	Potencial
47	*Bursera simaruba*	Arbórea	Potencial
48	*Piscidia piscipula*	Arbórea	Potencial
49	*Manilkara zapota*	Arbórea	Potencial
50	*Scaevola plumieri*	Arbusto	Potencial

Para el listado anterior se considera la siguiente bibliografía:

- Espejel, I. (1984). *La vegetación de las dunas costeras de la Península de Yucatán. I. Análisis florístico del estado de Yucatán*. Biótica 9(2):183-210.
- Espejel, I. (1986). *Vegetación de las dunas costeras de la Península de Yucatán. II. Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo*. Biótica 11(1):7-14.
- Flores, J.S. y Espejel, I. (1994). *Tipos de vegetación de la Península de Yucatán*. Etnoflora Yucatanense, Fascículo 3. UADY.

- Torres, W. et al. (2010). *Estructura, composición y diversidad del matorral de duna costera en Yucatán*.
- Gutiérrez-Báez, C. (2020). *Listado florístico de las dunas costeras de la Península de Yucatán*. Foresta Veracruzana 22(2).
- Guadarrama, P. et al. (2018). *Florística, composición y estructura de las comunidades vegetales de la costa norte de Yucatán*.
- Catálogo de Vegetación de la Duna Costera de la Península de Yucatán, Instituto de Ecología UNAM y CICY

Procedimiento para la descripción de la vegetación en la Región Ecológica (RE)

Con la finalidad de caracterizar la vegetación presente en la Región Ecológica (RE) donde se inserta el proyecto, se realizó un análisis de los componentes florísticos y estructurales representativos de dicha unidad territorial. La Región Ecológica constituye una unidad ambiental de mayor escala que el área del proyecto, por lo que su descripción permite contextualizar las condiciones de la vegetación existente y evaluar el grado de representatividad ecológica del sitio de estudio respecto al entorno regional.

A partir de esta delimitación se identificaron las comunidades vegetales predominantes y los principales patrones de uso de suelo presentes dentro de la región.

Para la caracterización florística de la Región Ecológica se efectuaron recorridos de reconocimiento en distintos sectores representativos de la unidad de análisis, seleccionando áreas que conservaran las características típicas de la vegetación regional. Durante dichos recorridos se registraron las especies observadas, la composición de la cobertura vegetal y las principales formas de vida presentes.

Con el propósito de generar información comparable con la obtenida en el área del proyecto, se establecieron seis sitios de muestreo de 16 m² cada uno dentro de la Región Ecológica, distribuidos en forma representativa dentro de las unidades de vegetación identificadas. La utilización de cuadrantes del mismo tamaño que los empleados en el área del proyecto permite realizar comparaciones directas entre ambas unidades de análisis, minimizando sesgos asociados al tamaño de muestra y facilitando la evaluación de similitud florística y estructural.

En cada sitio de muestreo se registraron las especies presentes, estimando su abundancia y cobertura relativa, así como las características generales de la vegetación. La información obtenida fue utilizada para determinar la riqueza específica, composición florística y estructura vegetal de la Región Ecológica.

La identificación taxonómica de las especies se realizó con base en la nomenclatura propuesta por Carnevalli et al. (2010), obra de referencia para la flora de la Península de Yucatán avalada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Asimismo, se consideró el listado florístico regional reportado por Sosa et al. (1985) y literatura especializada complementaria para corroborar la distribución de las especies registradas.

Para cada especie se consignó la familia botánica, nombre científico, forma de vida y estatus de conservación de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Esta información permitió identificar especies con alguna categoría de protección, así como evaluar la importancia ecológica de la vegetación presente en la Región Ecológica.

Los datos obtenidos fueron posteriormente utilizados para realizar análisis comparativos entre la Región Ecológica, el Área de Influencia (AI) y el área del proyecto, incluyendo indicadores de riqueza, diversidad y similitud florística, con el objetivo de determinar el grado de representatividad de la vegetación existente en el sitio respecto al contexto ecológico regional.

A continuación, se presentan los resultados de los muestreos realizados en la RE

En la tabla siguiente, se presenta las coordenadas de ubicación de los sitios de muestreo realizados en la RE (UTM, zona 16Q).

Tabla III.9. Coordenadas de los cuadrantes en RE (UTM, zona 16Q)

SITIO	X	Y
1	248050.3574	2359963.8839
2	248064.4968	2359898.0858
3	248064.0701	2359823.3179
4	246980.7946	2359686.6348
5	247004.1704	2359654.4796
6	247005.0048	2359634.6374

A continuación, se presentan la representación de la distribución de cada uno de los sitios muestreados en RE:

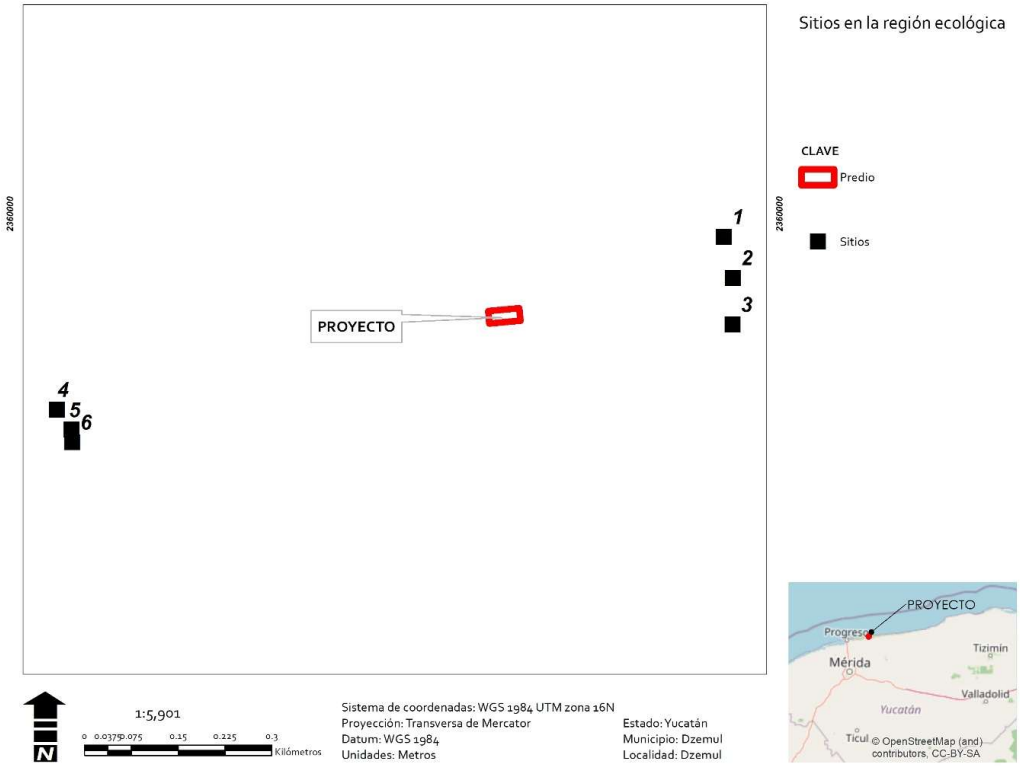


Figura III.22. Representación de la distribución de los sitios de muestreo en RE.



Figura III.23. Panorama de la vegetación en la RE.



Figura III.24. Marcaje de los sitios de meustreo.



Figura III.25. Vista de los cuadrantes realizados.



Figura III.26. Registro de *M. gaumeri* en la RE.

Valor de importancia de la vegetación en RE

Con la finalidad de jerarquizar la dominancia de cada especie registrada en la vegetación muestreada, se calculó el Índice de Valor de Importancia (**IVI**), el cual fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951) y aplicado por Pool etal. (1977), Cox (1981), Cintrón & Schaeffer–Novelli (1983) y Corella et al. (2001). Es un índice sintético estructural que se calcula de la siguiente manera:

IVI = Dominancia relativa + Densidad relativa + Frecuencia relativa

Cada uno de los parámetros utilizados en la fórmula antes citada, se calculó con base en las siguientes ecuaciones:

Dominancia relativa:
Dominancia relativa =

$$\frac{\text{Dominancia por especie (área basal)}}{\text{Dominancia de todas las especies}} \text{ X } 100$$

Para el caso del estrato herbáceo se utilizó la cobertura absoluta y relativa de cada especie y no el área basal, pues no es parámetro medible para los ejemplares que se desarrollan en él.

Densidad relativa:
Densidad relativa =

$$\frac{\text{Densidad por especie (\# de individuos muestreados)}}{\text{Densidad de todas las especies}} \text{ X } 100$$

Frecuencia relativa:
Frecuencia relativa =

$$\frac{\text{Número de sitios en los que se presenta cada especie}}{\text{Número total de sitios muestreados}} \text{ X } 100$$

Se analiza la diversidad de especies por estrato para observar la variación de la riqueza y la abundancia de las especies de los grupos registrados en las unidades de muestreo. Para este análisis se utilizó el índice de Shannon Wiener (H'), este índice refleja la relación entre riqueza y uniformidad (Magurran, 1988; citado por Moreno C., 2002).

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 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

Composición de especies

Durante los recorridos de campo realizando registro y con base en el apoyo bibliográfico y el conocimiento previo de personal conocedor de la vegetación, se registraron las especies arbustivas y herbáceas observadas directamente, con el fin de conformar un listado florístico de la vegetación.

La vegetación en los muestreos de RE alcanza una riqueza de 33 especies, 33 géneros y 21 familias.

Tabla III.10. Riqueza florística registrada en la RE.

#	Familia	Genero	Nombre científico	Nombre común	Forma de vida	DISTRIBUCIÓN	NOM-059
1	Acanthaceae	Bravaisia	*Bravaisia berlandieriana*	Julub	Arbustiva	Nativa	No enlistada
2	Anacardiaceae	Metopium	*Metopium brownei*	Cheechem	Arbórea	Nativa	No enlistada
3	Araceae	Anthurium	*Anthurium schlechtendalii*	Boobtúm	Herbácea	Nativa	No enlistada
4	Arecaceae	Coccothrinax	*Coccothrinax readii*	Náaj k'aax	Arbórea	Endémica	Amenazada
5	Arecaceae	Thrinax	*Thrinax radiata*	Ch'it	Arbórea	Nativa	Amenazada
6	Asparagaceae	Agave	*Agave angustifolia*	Ch'elem	Herbácea	Nativa	No enlistada
7	Asteraceae	Ambrosia	*Ambrosia hispida*	Muuch' kook	Herbácea	Nativa	No enlistada
8	Asteraceae	Flaveria	*Flaveria linearis*	K'an lool xiiw	Herbácea	Nativa	No enlistada
9	Asteraceae	Porophyllum	*Porophyllum punctatum*	Ukíil	Herbácea	Nativa	No enlistada
10	Bromeliaceae	Tillandsia	*Tillandsia balbisiana*	Xch'u'	Epífita	Nativa	No enlistada
11	Cactaceae	Acanthocereus	*Acanthocereus tetragonus*	Xnumtsuytsuy	Herbácea	Nativa	No enlistada
12	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria gaumeri*	K'iix pak'am	Herbácea	Endémica	En peligro de extinción
14	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia stricta*	Tsakam	Herbácea	Nativa	No enlistada
15	Cactaceae	Selenicereus	*Selenicereus grandiflorus*	Koj kaan	Enredadera	Endémica	No enlistada
16	Capparaceae	Capparis	*Capparis pachaca*	Chooch kitam	Arbórea	Nativa	No enlistada
17	Capparaceae	Quadrella	*Quadrella incana*	Bojk'anche'	Arbustiva	Nativa	No enlistada
18	Celastraceae	Crossopetalum	*Crossopetalum rhacoma*	ND	Arbustiva	Nativa	No enlistada
19	Cyperaceae	Cyperus	*Cyperus rotundus*	Tuk'uch	Herbácea	Nativa	No enlistada
20	Euphorbiaceae	Enriquebeltrania	*Enriquebeltrania crenatifolia*	Ch'iin took'	Arbustiva	Nativa	No enlistada
21	Euphorbiaceae	Gymnanthes	*Gymnanthes lucida*	Ya'ay tiik	Arbórea	Nativa	No enlistada
22	Fabaceae	Canavalia	*Canavalia rosea*	Frijolillo	Enredadera	Nativa	No enlistada
23	Fabaceae	Pithecellobiu	*Pithecellobium keyense*	Ya'ax k'aax	Arbustiva	Endémica	No enlistada

#	Familia	Genero	Nombre científico	Nombre común	Forma de vida	DISTRIBUCIÓN	NOM-059
		m					
24	Fabaceae	Tara	*Tara vesicaria*	Ya'ax k'iin che'	Arbórea	Nativa	No enlistada
25	Malvaceae	Gossypium	*Gossypium hirsutum*	Taman ch'up	Herbácea	Nativa	Protección especial
26	Malvaceae	Malvaviscus	*Malvaviscus arboreus*	Bisil	Arbustiva	Nativa	No enlistada
27	Orchidaceae	Cyrtopodium	*Cyrtopodium macrobulbon*	Caña de jabalí	Herbácea	Nativa	No enlistada
28	Orchidaceae	Myrmecophila	*Myrmecophila christinae*	Orquídea	Epífita	Nativa	No enlistada
29	Passifloraceae	Passiflora	*Passiflora foetida*	Túubok	Enredadera	Nativa	No enlistada
30	Poaceae	Eragrostis	*Eragrostis ciliaris*	Sak su'uk	Herbácea	Nativa	No enlistada
31	Polygonaceae	Coccoloba	*Coccoloba uvifera*	Ni' che'	Arbustiva	Nativa	No enlistada
32	Primulaceae	Bonellia	*Bonellia macrocarpa*	Chak sik'iix le'	Arbustiva	Nativa	No enlistada
33	Sapotaceae	Sideroxylon	*Sideroxylon americanum*	Mulche'	Arbórea	Endémica	No enlistada
34	Verbenaceae	Lantana	*Lantana involucrata*	Sikil ja' xiiw	Herbácea	Nativa	No enlistada

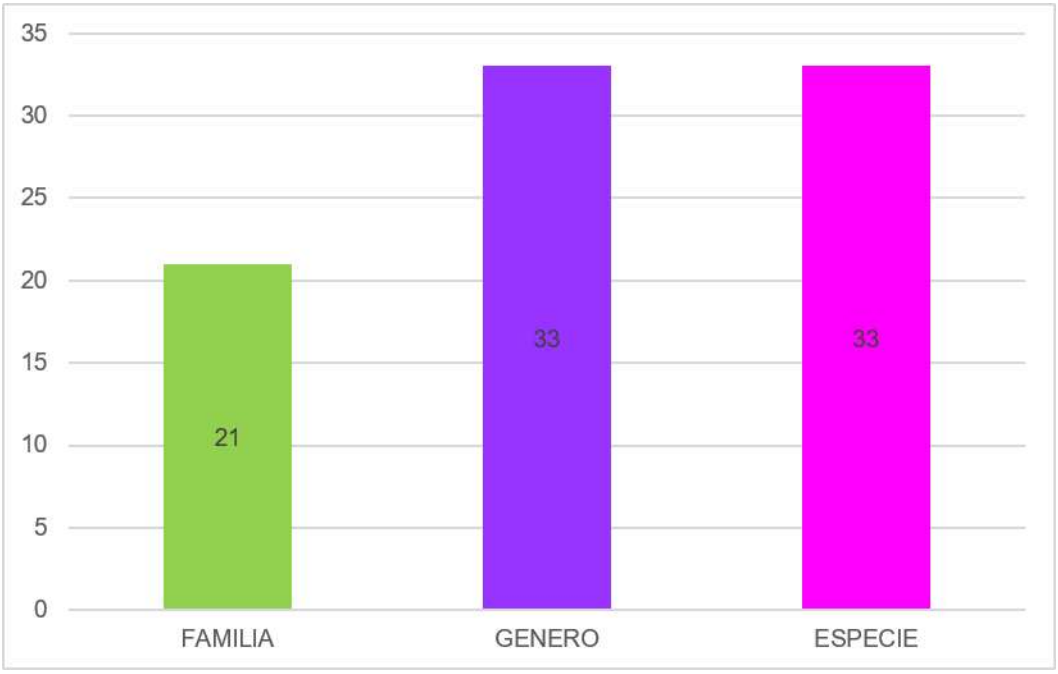


Figura III.27. Riqueza de las especies registradas.

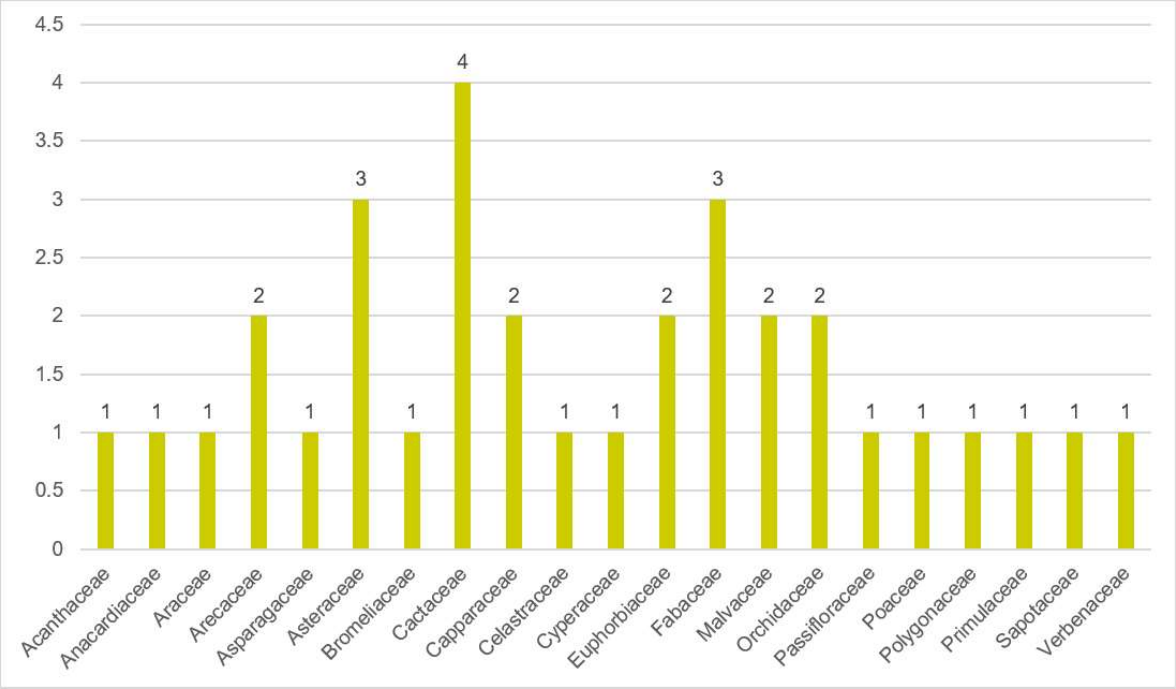


Figura III.28. Abundancia de las familias registradas, como se observa Cactaceae es la más abundante.

CURVAS DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES

Con la finalidad de presentar un análisis estadístico que justifique el diseño y tamaño de la muestra o esfuerzo de muestreo, en cuanto a la representatividad de la muestra, las características del o los tipos de vegetación, se utilizó el método no paramétrico de Curva de Acumulación de Especies, mediante el uso del programa Estimate ®, disponible en la red de manera gratuita, este método consiste en graficar curvas que muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de recolecta en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual por más que se recolecte, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota (Villarreal H et al., 2006), con estimadores no paramétricos, de todos los modelos que ha desarrollado Chao (Chao, A. 1984), el más utilizado desde entonces ha sido el propuesto en 1984, Chao1 para el estimador basado en abundancias y Chao2 para el estimador basado en incidencia (Escalante-Espinosa, T. 2003). A continuación, se presenta la curva de acumulación obtenida para los 6 sitios de muestreo realizados, tomando en cuanto la totalidad de las especies de los dos estratos.

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 la tendencia, lo que indica que, al realizar más sitios de muestreo, la riqueza no sufrirá cambios significativos.

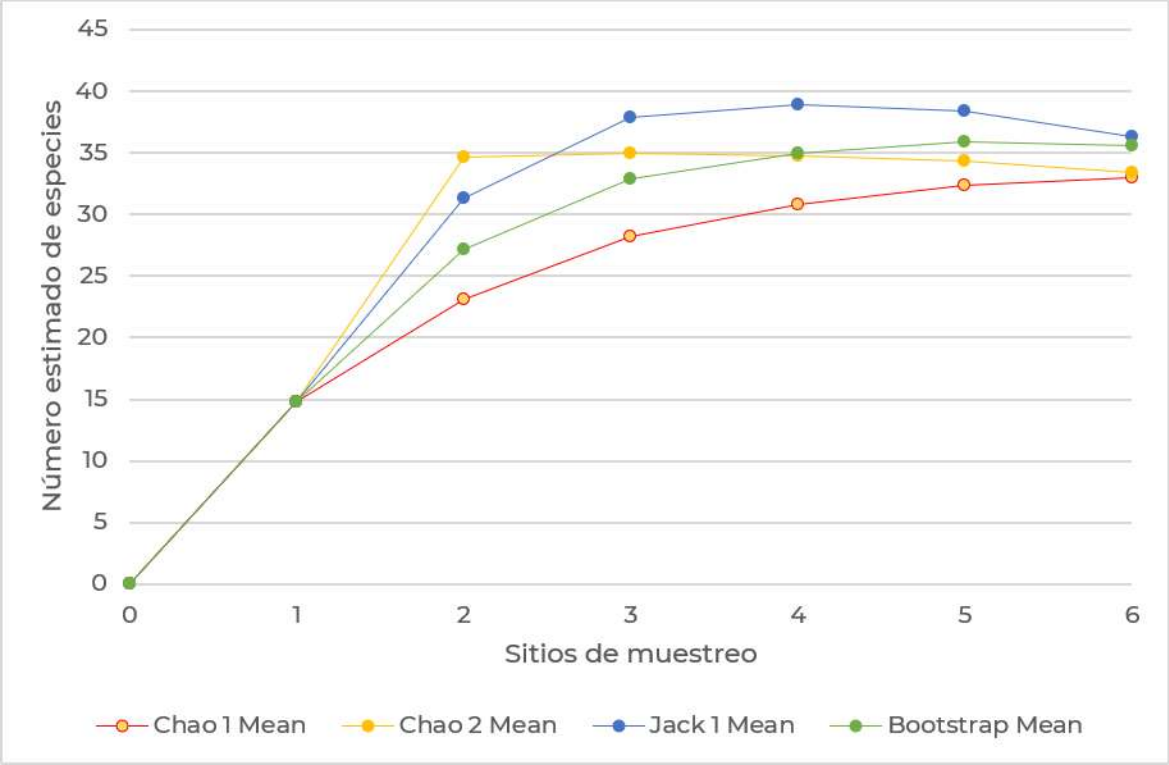


Figura III.29. Curva de acumulación para los 6 sitios muestreos realizados en RE.

Resultados de los valores obtenidos de Importancia Ecológica en RE.

La información del valor de importancia relativa generado a partir de los muestreos para los diversos estratos de la comunidad se presenta en las siguientes tablas.

Estrato herbáceo

En la Región Ecológica (RE) se registraron un total de 17 especies pertenecientes al estrato herbáceo, con una abundancia acumulada de 174 individuos distribuidos en los seis sitios de muestreo establecidos. Los valores de importancia ecológica (IVI) muestran que las especies con mayor contribución estructural dentro de la comunidad fueron *Agave angustifolia* (45.21%), *Ambrosia hispida* (40.11%) y *Porophyllum punctatum* (28.40%), las cuales presentan los mayores valores combinados de cobertura, densidad y frecuencia relativa. Sin embargo, ninguna especie concentra por sí sola una proporción dominante de la comunidad, lo que sugiere una distribución relativamente equilibrada de los individuos entre las especies registradas.

Tabla III.11. Valor de Importancia (IVI). Estrato herbáceo del área de RE.

	Nombre científico	COBERTURA RELATIVA (%)	DENSIDAD RELATIVA (%)	FRECUENCIA RELATIVA (%)	IVI
1	*Acanthocereus tetragonus*	3.50	3.45	4.76	11.71
2	*Agave angustifolia*	17.22	16.09	11.90	45.21
3	*Ambrosia hispida*	11.04	19.54	9.52	40.11
4	*Anthurium schlechtendalii*	6.53	3.45	4.76	14.74
5	*Canavalia rosea*	9.71	4.60	7.14	21.45

	Nombre científico	COBERTURA RELATIVA (%)	DENSIDAD RELATIVA (%)	FRECUENCIA RELATIVA (%)	IVI
6	*Cyperus rotundus*	1.17	2.87	4.76	8.80
7	*Cyrtopodium macrobulbon*	1.99	1.72	4.76	8.48
8	*Eragrostis ciliaris*	1.71	2.87	4.76	9.35
9	*Flaveria linearis*	3.98	6.90	7.14	18.02
10	*Lantana involucrata*	2.81	3.45	2.38	8.64
11	*Mammillaria gaumeri*	0.31	5.17	2.38	7.86
12	*Myrmecophila christinae*	7.96	4.02	4.76	16.74
13	*Opuntia stricta*	6.07	5.17	7.14	18.39
14	*Passiflora foetida*	11.53	5.17	7.14	23.84
15	*Porophyllum punctatum*	7.96	10.92	9.52	28.40
16	*Selenicereus grandiflorus*	5.42	2.30	4.76	12.48
17	*Tillandsia balbisiana*	1.10	2.30	2.38	5.78
TOTAL		**100**	**100**	**100**	**300**

Resultados de los valores obtenidos de Diversidad florística por estrato en la RE

De esta forma, el índice se expresa como H' y contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Este índice normalmente se refiere con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). Entre mayor es el índice, mayor es la diversidad.

ESTRATO HERBÁCEO

Tabla III.12. Diversidad (H'), Equidad de las especies. Estrato herbáceo.

	Nombre científico	DENSIDAD	ABUND REL (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
1	*Acanthocereus tetragonus*	6	0.0345	-3.3673	0.1161
2	*Agave angustifolia*	28	0.1609	-1.8269	0.2940
3	*Ambrosia hispida*	34	0.1954	-1.6327	0.3190
4	*Anthurium schlechtendalii*	6	0.0345	-3.3673	0.1161
5	*Canavalia rosea*	8	0.0460	-3.0796	0.1416
6	*Cyperus rotundus*	5	0.0287	-3.5496	0.1020
7	*Cyrtopodium macrobulbon*	3	0.0172	-4.0604	0.0700
8	*Eragrostis ciliaris*	5	0.0287	-3.5496	0.1020
9	*Flaveria linearis*	12	0.0690	-2.6741	0.1844
10	*Lantana involucrata*	6	0.0345	-3.3673	0.1161
11	*Mammillaria gaumeri*	9	0.0517	-2.9618	0.1532
12	*Myrmecophila christinae*	7	0.0402	-3.2131	0.1293
13	*Opuntia stricta*	9	0.0517	-2.9618	0.1532
14	*Passiflora foetida*	9	0.0517	-2.9618	0.1532
15	*Porophyllum punctatum*	19	0.1092	-2.2146	0.2418
16	*Selenicereus grandiflorus*	4	0.0230	-3.7728	0.0867

	Nombre científico	DENSIDAD	ABUND REL (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
17	*Tillandsia balbisiana*	4	0.0230	-3.7728	0.0867
		174	**1.000**		
				H'=	2.5655
				Hmax=	2.8332
				Equitatividad=	0.9055

El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') obtenido para el estrato herbáceo fue de 2.5655, mientras que la diversidad máxima teórica para una comunidad con 17 especies corresponde a Hmax = 2.8332. Estos resultados indican que la comunidad vegetal presenta una diversidad media respecto al máximo esperado para el número de especies registradas.

La equitatividad de Pielou (J') fue de 0.9055, valor que representa el 90.55% de la diversidad máxima posible. Este resultado refleja una distribución homogénea de los individuos entre las especies presentes, indicando una baja concentración de abundancias en unas cuantas especies y una reducida dominancia ecológica dentro de la comunidad vegetal.

La diferencia entre la diversidad observada (H' = 2.5655) y la diversidad máxima potencial (Hmax = 2.8332) es relativamente pequeña (0.2677 unidades), lo que confirma que la mayoría de las especies participan de manera importante en la estructura de la comunidad. Aunque *Agave angustifolia* y *Ambrosia hispida* presentan los mayores valores de abundancia relativa e IVI, su presencia no genera un patrón de acaparamiento de recursos o exclusión de otras especies, ya que el resto de las especies mantienen representaciones significativas dentro del conjunto florístico.

Desde el punto de vista ecológico, la combinación de una riqueza de 17 especies, un índice de Shannon superior a 2.5 y una equitatividad cercana a la unidad indica una comunidad herbácea bien estructurada y relativamente estable, con niveles moderados a altos de diversidad biológica. Estos resultados sugieren que la vegetación herbácea de la Región Ecológica conserva una composición florística heterogénea, característica de ambientes con disponibilidad de microhábitats y condiciones ambientales que favorecen la coexistencia de múltiples especies.

En términos comparativos, los valores obtenidos permiten clasificar al estrato herbáceo de la Región Ecológica como una comunidad con diversidad media-alta y alta equidad, donde la dominancia ecológica es reducida y la distribución de los individuos entre especies es uniforme. Este patrón es indicativo de una comunidad vegetal que mantiene procesos ecológicos funcionales y una adecuada representatividad de la flora característica de la región.

Estrato Arbustivo

En la Región Ecológica (RE) se registraron 16 especies pertenecientes al estrato arbustivo, con una abundancia total de 182 individuos distribuidos en los seis sitios de muestreo establecidos. Los valores de importancia ecológica (IVI) indican que las especies con mayor participación en la estructura de la comunidad son *Coccoloba uvifera* (52.91%), *Metopium brownei* (34.87%), *Sideroxylon americanum* (28.30%), *Thrinax radiata* (25.06%) y *Bravaisia berlandieriana* (23.43%), debido a su combinación de cobertura, densidad y frecuencia relativa dentro de la comunidad vegetal.

Tabla III.13. Valor de Importancia (IVI). Estrato arbustivo del área de RE.

	Nombre científico	COBERTURA RELATIVA (%)	DENSIDAD RELATIVA (%)	FRECUENCIA RELATIVA (%)	IVI
1	*Bonellia macrocarpa*	4.09	4.95	6.38	15.42
2	*Bravaisia berlandieriana*	2.21	14.84	6.38	23.43
3	*Capparis pachaca*	0.41	2.75	6.38	9.54
4	*Coccoloba uvifera*	24.69	17.58	10.64	52.91
5	*Coccothrinax readii*	10.22	6.04	6.38	22.65
6	*Crossopetalum rhacoma*	4.66	8.24	8.51	21.41
7	*Enriquebeltrania crenatifolia*	1.14	1.65	4.26	7.05
8	*Gossypium hirsutum*	1.64	2.20	2.13	5.96
9	*Gymnanthes lucida*	4.25	3.30	4.26	11.80
10	*Malvaviscus arboreus*	1.64	2.20	4.26	8.09
11	*Metopium brownei*	13.25	10.99	10.64	34.87
12	*Pithecellobium keyense*	3.35	3.30	4.26	10.90
13	*Quadrella incana*	1.88	2.20	4.26	8.33
14	*Sideroxylon americanum*	12.10	7.69	8.51	28.30
15	*Tara vesicaria*	5.07	4.95	4.26	14.27
16	*Thrinax radiata*	9.40	7.14	8.51	25.06
TOTAL		**100**	**100**	**100**	**300**

Resultados de los valores obtenidos de Diversidad florística por estrato en RE.

De esta forma, el índice se expresa como H' y contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Este índice normalmente se refiere con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). Entre mayor es el índice, mayor es la diversidad.

ESTRATO ARBUSTIVO

Tabla IV.14. Diversidad (H'), Equidad de las especies. Estrato arbustivo.

	Nombre científico	DENSIDAD	ABUND REL (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
1	*Bonellia macrocarpa*	9	0.0495	-3.0068	0.1487
2	*Bravaisia berlandieriana*	27	0.1484	-1.9082	0.2831
3	*Capparis pachaca*	5	0.0275	-3.5946	0.0988
4	*Coccoloba uvifera*	32	0.1758	-1.7383	0.3056
5	*Coccothrinax readii*	11	0.0604	-2.8061	0.1696
6	*Crossopetalum rhacoma*	15	0.0824	-2.4960	0.2057
7	*Enriquebeltrania crenatifolia*	3	0.0165	-4.1054	0.0677
8	*Gossypium hirsutum*	4	0.0220	-3.8177	0.0839
9	*Gymnanthes lucida*	6	0.0330	-3.4122	0.1125
10	*Malvaviscus arboreus*	4	0.0220	-3.8177	0.0839
11	*Metopium brownei*	20	0.1099	-2.2083	0.2427

	Nombre científico	DENSIDAD	ABUND REL (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
12	*Pithecellobium keyense*	6	0.0330	-3.4122	0.1125
13	*Quadrella incana*	4	0.0220	-3.8177	0.0839
14	*Sideroxylon americanum*	14	0.0769	-2.5649	0.1973
15	*Tara vesicaria*	9	0.0495	-3.0068	0.1487
16	*Thrinax radiata*	13	0.0714	-2.6391	0.1885
		182	**1.000**		
				H'=	2.5330
				Hmax=	2.7726
				Equitatividad=	0.9136

El índice de diversidad de Shannon-Wiener calculado para el estrato arbustivo fue de H' = 2.5330, mientras que la diversidad máxima teórica para una comunidad integrada por 16 especies corresponde a Hmax = 2.7726. La diferencia entre ambos valores es de únicamente 0.2396 unidades, lo que indica que la comunidad presenta una estructura cercana al máximo nivel de diversidad esperado para la riqueza específica observada.

La equitatividad de Pielou (J') fue de 0.9136, lo que significa que la comunidad alcanza el 91.36% de la diversidad máxima posible. Este valor refleja una distribución altamente uniforme de los individuos entre las especies registradas y evidencia una baja dominancia ecológica. Aunque algunas especies presentan mayores abundancias relativas, ninguna concentra una proporción suficientemente elevada como para desplazar significativamente al resto de las especies de la comunidad.

La especie más abundante fue *Coccoloba uvifera*, con una abundancia relativa de 17.58%, seguida por *Bravaisia berlandieriana* (14.84%) y *Metopium brownei* (10.99%). Sin embargo, estas especies mantienen porcentajes moderados respecto al total de individuos registrados, permitiendo que el resto de las especies contribuyan de manera importante a la diversidad general del estrato. Este comportamiento explica los altos valores de equitatividad obtenidos y la proximidad entre la diversidad observada y la diversidad máxima teórica.

Desde una perspectiva ecológica, la riqueza de 16 especies combinada con un índice de Shannon superior a 2.5 y una equitatividad superior a 0.90 indica la presencia de una comunidad arbustiva diversa, estructuralmente equilibrada y con una distribución homogénea de abundancias. Este patrón es característico de comunidades vegetales que conservan una adecuada heterogeneidad florística y que mantienen procesos ecológicos funcionales asociados a la disponibilidad de nichos y recursos.

En términos generales, el estrato arbustivo de la Región Ecológica puede clasificarse como una comunidad con diversidad media-alta a alta, elevada equidad y baja dominancia ecológica. La elevada uniformidad en la distribución de los individuos entre las especies registradas sugiere una comunidad vegetal relativamente estable y representativa de las condiciones ecológicas predominantes en la región.

Presencia y distribución de especies vegetales bajo el régimen de protección legal, de acuerdo con la normatividad Ambiental y otros ordenamientos en el área de estudio y de influencia. NOM-059-SEMARNAT-2010.

Como resultado de los muestreos, se registraron cuatro especies de flora enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 la cual corresponde a *Coccothrinax readii* (Amenazada), *Thrinax radiata* (Amenazada), *Mammillaria gaumeri* (En peligro de extinción) y *Gossypium hirsutum* (Protección especial), y cinco especies

endémicas correspondientes a *Coccothrinax readii, Mammillaria gaumeri, Selenicereus grandiflorus, Pithecellobium keyense* y *Sideroxylon americanum.*

Procedimiento para la descripción de la vegetación en el Área de Influencia (AI)

El Área de Influencia (AI) del proyecto se caracteriza por presentar un entorno predominantemente con características de actividades antropogénicas, donde las actividades humanas han modificado de manera importante la cobertura vegetal original. En esta unidad de análisis predominan las áreas urbanizadas, vialidades, infraestructura asociada a desarrollos habitacionales y casas de segunda residencia, así como espacios abiertos con vegetación ornamental y remanentes aislados de vegetación nativa. En comparación con la Región Ecológica (RE), las superficies con vegetación conservada son menores y se encuentran más fragmentadas debido al proceso de urbanización existente.

Con el objetivo de caracterizar la composición florística y la estructura de la vegetación presente en el Área de Influencia, se realizaron recorridos de reconocimiento en los distintos ambientes que integran esta unidad de análisis. El reconocimiento de campo fue facilitado por la disponibilidad de accesos y caminos existentes, lo que permitió cubrir de manera representativa las áreas con presencia de vegetación dentro del AI.

La toma de información de campo se efectuó mediante el establecimiento de sitios de muestreo distribuidos estratégicamente en las áreas con vegetación presentes dentro del Área de Influencia. Para ello, se establecieron seis sitios de muestreo de 16 m² cada uno, seleccionados de manera que representaran las condiciones predominantes de la vegetación observada en esta unidad de análisis.

La identificación taxonómica de las especies registradas se realizó utilizando la nomenclatura propuesta por Carnevalli et al. (2010), obra de referencia para la flora de la Península de Yucatán avalada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Asimismo, se consideró el listado florístico regional reportado por Sosa et al. (1985) y bibliografía especializada complementaria. Las especies fueron ordenadas alfabéticamente por familia y nombre científico, incluyendo para cada una su forma de vida y, en su caso, la categoría de protección correspondiente de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Con la finalidad de realizar comparaciones válidas entre el Área del Proyecto, el Área de Influencia y la Región Ecológica, se empleó un diseño de muestreo estandarizado en las tres unidades de análisis. En todos los casos se establecieron seis sitios de muestreo de 16 m², de manera que el tamaño de los cuadrantes fuera idéntico. Este criterio metodológico permite minimizar posibles sesgos derivados de diferencias en el esfuerzo de muestreo y facilita la comparación de parámetros ecológicos tales como riqueza específica, abundancia, diversidad, equidad, composición florística y similitud entre comunidades vegetales.

La información obtenida mediante este procedimiento fue utilizada para determinar la composición y estructura de la vegetación presente en el Área de Influencia, así como para evaluar su representatividad respecto a la vegetación registrada en la Región Ecológica y en el área directamente ocupada por el proyecto.

A continuación, se presentan los resultados de los muestreos realizados en el AI.

En la tabla siguiente, se presenta las coordenadas de ubicación de los sitios de muestreo realizados en AI (UTM, zona 16Q).

Tabla III.15. Coordenadas de los cuadrantes (UTM, zona 16Q)

SITIO	X	Y
1	247717.4131	2359851.9316
2	247687.2848	2359850.1814
3	247669.6040	2359827.7452
4	247712.8072	2359822.5360
5	247727.2499	2359776.4512
6	247714.4909	2359756.8191

A continuación, se presentan la representación de la distribución de cada uno de los sitios muestreados en AI:

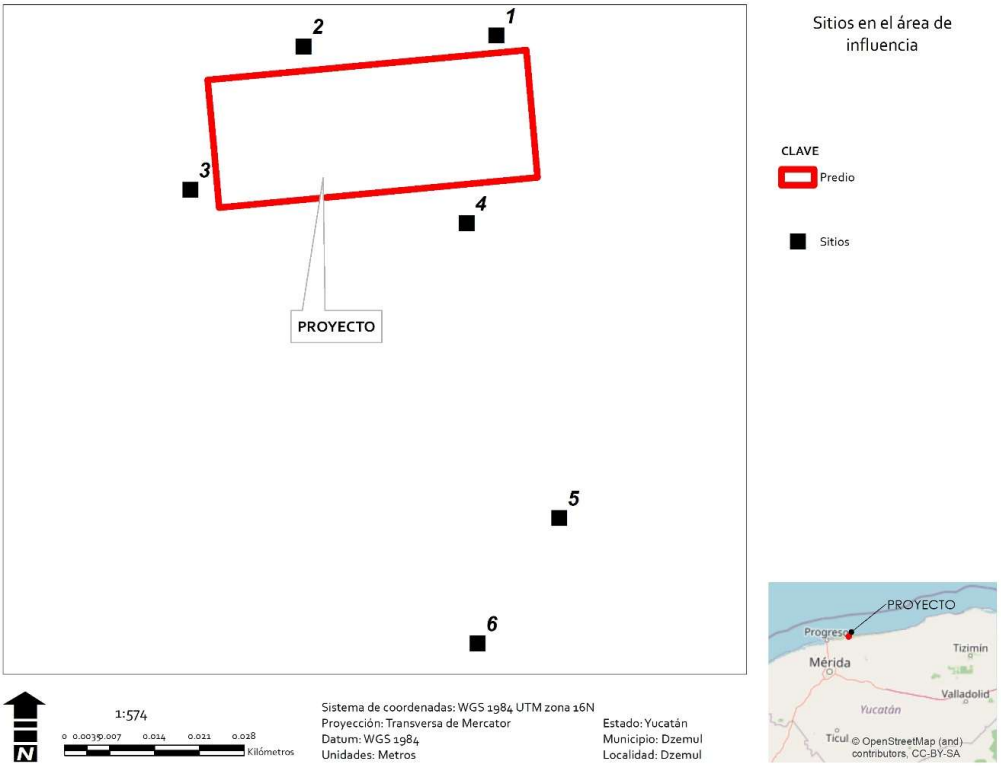


Figura III.30. Representación de la distribución de los sitios de muestreo en AI.



Figura III.31. Panorama de la vegetación en el AI.



Figura III.32. Registro de orquídeas en AI.



Figura III.33. Vista de los alrededores de los cuadrantes realizados.

Valor de importancia de la vegetación del AI

Con la finalidad de jerarquizar la dominancia de cada especie registrada en la vegetación muestreada, se calculó el Índice de Valor de Importancia (**IVI**), el cual fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951) y aplicado por Pool etal. (1977), Cox (1981), Cintrón & Schaeffer–Novelli (1983) y Corella et al. (2001). Es un índice sintético estructural que se calcula de la siguiente manera:

IVI = Dominancia relativa + Densidad relativa + Frecuencia relativa

Cada uno de los parámetros utilizados en la fórmula antes citada, se calculó con base en las siguientes ecuaciones:

Dominancia relativa:
Dominancia relativa =

$$\frac{\text{Dominancia por especie (área basal)}}{\text{Dominancia de todas las especies}} \text{ X } 100$$

Para el caso del estrato herbáceo se utilizó la cobertura absoluta y relativa de cada especie y no el área basal, pues no es parámetro medible para los ejemplares que se desarrollan en él.

Densidad relativa:
Densidad relativa =

$$\frac{\text{Densidad por especie (\# de individuos muestreados)}}{\text{Densidad de todas las especies}} \text{ X } 100$$

Frecuencia relativa:
Frecuencia relativa =

$$\frac{\text{Número de sitios en los que se presenta cada especie}}{\text{Número total de sitios muestreados}} \text{ X } 100$$

Se analiza la diversidad de especies por estrato para observar la variación de la riqueza y la abundancia de las especies de los grupos registrados en las unidades de muestreo. Para este análisis se utilizó el índice de Shannon Wiener (H'), este índice refleja la relación entre riqueza y uniformidad (Magurran, 1988; citado por Moreno C., 2002).

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 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

Composición de especies

Durante los recorridos de campo realizando registro y con base en el apoyo bibliográfico y el conocimiento previo de personal conocedor de la vegetación, se registraron las especies arbustivas y herbáceas observadas directamente, con el fin de conformar un listado florístico de la vegetación.

La vegetación al interior del predio alcanza una riqueza de 30 especies, 30 géneros y 20 familias.

Tabla III.16. Riqueza florística registrada en el AI.

#	Familia	Genero	Nombre científico	Nombre común	Forma de vida	DISTRIBUCIÓN	NOM-059
1	Acanthaceae	Bravaisia	*Bravaisia berlandieriana*	Julub	Arbustiva	Nativa	No enlistada
2	Anacardiaceae	Metopium	*Metopium brownei*	Cheechem	Arbórea	Nativa	No enlistada
3	Araceae	Anthurium	*Anthurium schlechtendalii*	Boobtúm	Herbácea	Nativa	No enlistada
4	Arecaceae	Coccothrinax	*Coccothrinax readii*	Náaj k'aax	Arbórea	Endémica	Amenazada

#	Familia	Genero	Nombre científico	Nombre común	Forma de vida	DISTRIBUCIÓN	NOM-059
5	Arecaceae	Thrinax	*Thrinax radiata*	Ch'it	Arbórea	Nativa	Amenazada
6	Asparagaceae	Agave	*Agave angustifolia*	Ch'elem	Herbácea	Nativa	No enlistada
7	Asteraceae	Ambrosia	*Ambrosia hispida*	Muuch' kook	Herbácea	Nativa	No enlistada
8	Asteraceae	Flaveria	*Flaveria linearis*	K'an lool xiiw	Herbácea	Nativa	No enlistada
9	Asteraceae	Porophyllum	*Porophyllum punctatum*	Ukíil	Herbácea	Nativa	No enlistada
10	Bromeliaceae	Tillandsia	*Tillandsia balbisiana*	Xch'u'	Epífita	Nativa	No enlistada
11	Cactaceae	Acanthocereus	*Acanthocereus tetragonus*	Xnumtsuytsuy	Herbácea	Nativa	No enlistada
12	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria gaumeri*	K'iix pak'am	Herbácea	Endémica	En peligro de extinción
13	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia stricta*	Tsakam	Herbácea	Nativa	No enlistada
14	Cactaceae	Selenicereus	*Selenicereus grandiflorus*	Koj kaan	Enredadera	Endémica	No enlistada
15	Capparaceae	Capparis	*Capparis pachaca*	Chooch kitam	Arbórea	Nativa	No enlistada
16	Capparaceae	Quadrella	*Quadrella incana*	Bojk'anche'	Arbustiva	Nativa	No enlistada
17	Celastraceae	Crossopetalum	*Crossopetalum rhacoma*	ND	Arbustiva	Nativa	No enlistada
18	Cyperaceae	Cyperus	*Cyperus rotundus*	Tuk'uch	Herbácea	Nativa	No enlistada
19	Euphorbiaceae	Enriquebeltrania	*Enriquebeltrania crenatifolia*	Ch'iin took'	Arbustiva	Nativa	No enlistada
20	Fabaceae	Canavalia	*Canavalia rosea*	Frijolillo	Enredadera	Nativa	No enlistada
21	Fabaceae	Pithecellobium	*Pithecellobium keyense*	Ya'ax k'aax	Arbustiva	Endémica	No enlistada
22	Fabaceae	Tara	*Tara vesicaria*	Ya'ax k'iin che'	Arbórea	Nativa	No enlistada
23	Malvaceae	Malvaviscus	*Malvaviscus arboreus*	Bisil	Arbustiva	Nativa	No enlistada
24	Orchidaceae	Cyrtopodium	*Cyrtopodium macrobulbon*	Caña de jabalí	Herbácea	Nativa	No enlistada
25	Orchidaceae	Myrmecophila	*Myrmecophila christinae*	Orquídea	Epífita	Nativa	No enlistada
26	Passifloraceae	Passiflora	*Passiflora foetida*	Túubok	Enredadera	Nativa	No enlistada
27	Polygonaceae	Coccoloba	*Coccoloba uvifera*	Ni' che'	Arbustiva	Nativa	No enlistada
28	Primulaceae	Bonellia	*Bonellia macrocarpa*	Chak sik'iix le'	Arbustiva	Nativa	No enlistada
29	Sapotaceae	Sideroxylon	*Sideroxylon americanum*	Mulche'	Arbórea	Endémica	No enlistada
30	Verbenaceae	Lantana	*Lantana involucrata*	Sikil ja' xiiw	Herbácea	Nativa	No enlistada

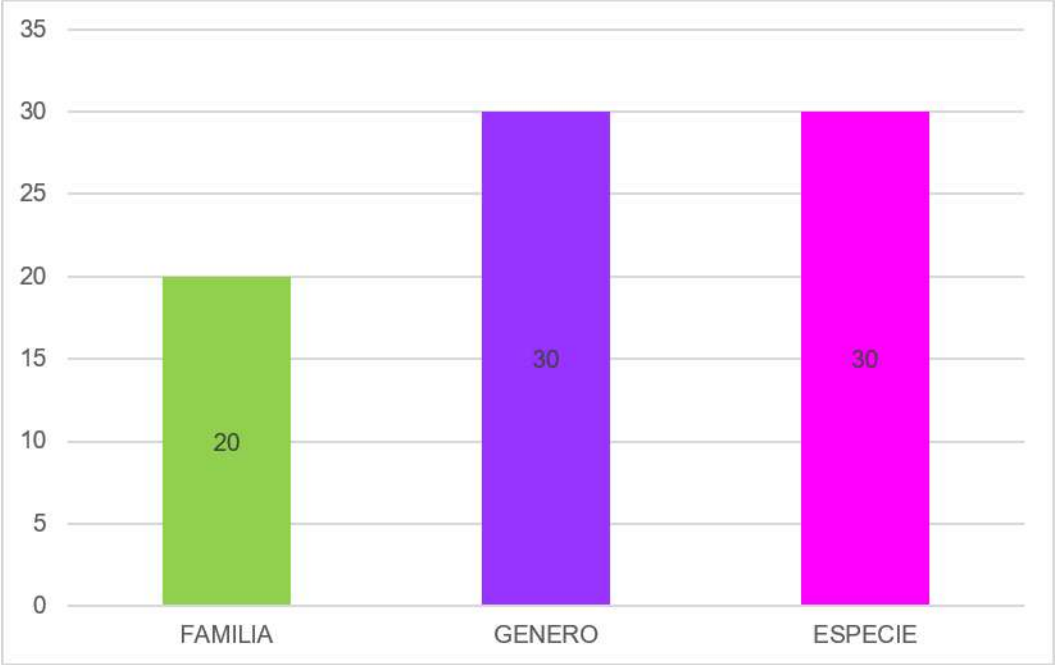


Figura III.34. Riqueza de las especies registradas.

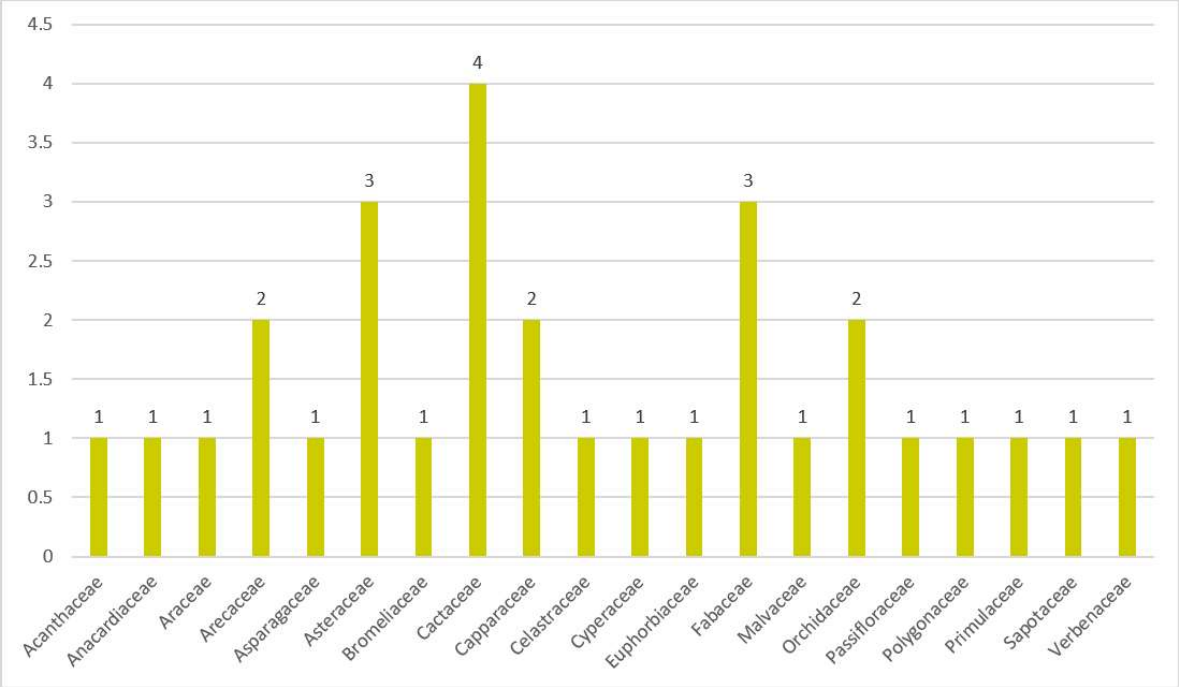


Figura III.35. Abundancia de las familias registradas, como se observa Cactáceae es la más abundante.

CURVAS DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES

Con la finalidad de presentar un análisis estadístico que justifique el diseño y tamaño de la muestra o esfuerzo de muestreo, en cuanto a la representatividad de la muestra, las características del o los tipos de vegetación, se utilizó el método no paramétrico de Curva de Acumulación de Especies, mediante el uso del programa Estimate ®,

disponible en la red de manera gratuita, este método consiste en graficar curvas que muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de recolecta en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual por más que se recolecte, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota (Villarreal H et al., 2006), con estimadores no paramétricos, de todos los modelos que ha desarrollado Chao (Chao, A. 1984), el más utilizado desde entonces ha sido el propuesto en 1984, Chao1 para el estimador basado en abundancias y Chao2 para el estimador basado en incidencia (Escalante-Espinosa, T. 2003). A continuación, se presenta la curva de acumulación obtenida para los 6 sitios de muestreo realizados, tomando en cuanto la totalidad de las especies de los dos estratos.

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 6 manteniéndose la tendencia, lo que indica que, al realizar más sitios de muestreo, la riqueza no sufrirá cambios significativos.

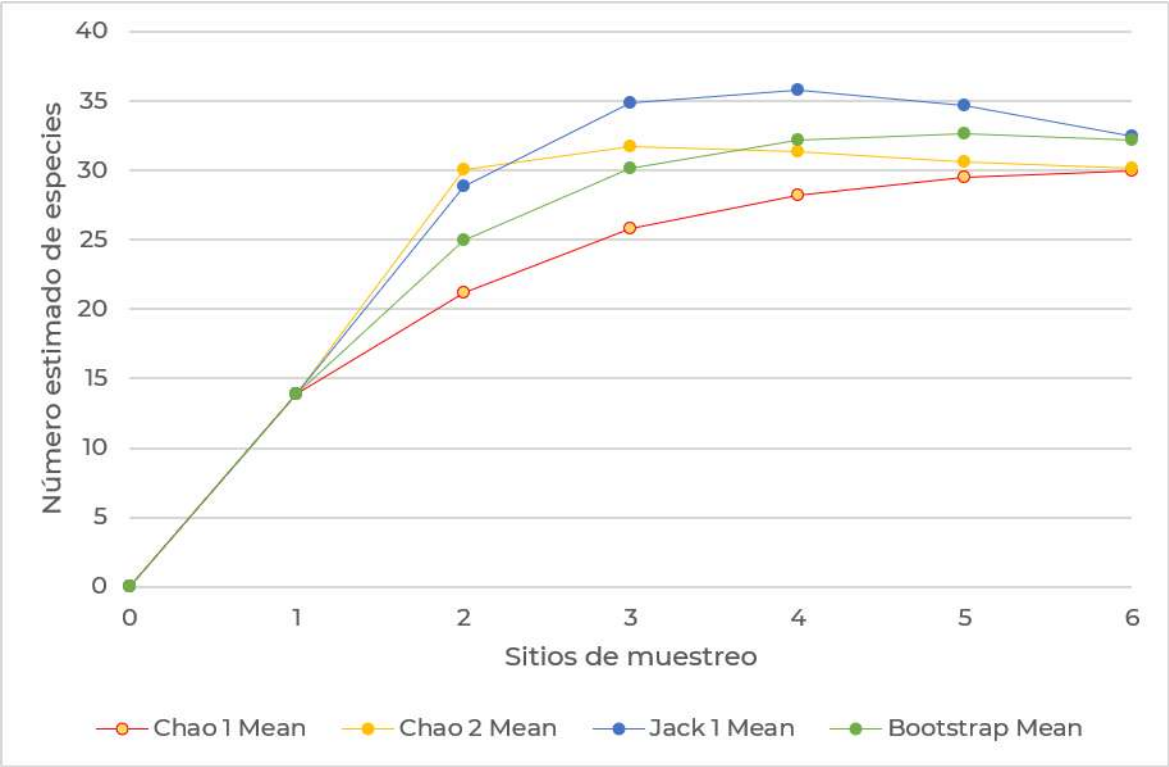


Figura III.36. Curva de acumulación para los 6 sitios muestreos realizados en AI.

Resultados de los valores obtenidos de Importancia Ecológica en el Área de influencia (AI).

La información del valor de importancia relativa generado a partir de los muestreos para los diversos estratos de la comunidad se presenta en las siguientes tablas.

Estrato herbáceo

En el Área de Influencia (AI) se registraron 16 especies pertenecientes al estrato herbáceo, con una abundancia total de 157 individuos distribuidos en los seis sitios de muestreo establecidos. Los valores de importancia ecológica (IVI) muestran que las especies con mayor contribución a la estructura de la comunidad son *Agave*

angustifolia (43.20%), *Ambrosia hispida* (34.84%) y *Myrmecophila christinae* (33.52%), debido a sus elevados valores de cobertura, densidad y frecuencia relativa. No obstante, la participación de estas especies no genera una dominancia marcada sobre el resto de la comunidad, ya que un número importante de especies presenta abundancias y frecuencias representativas dentro del conjunto florístico.

Tabla III.17. Valor de Importancia (IVI). Estrato herbáceo del área del AI.

	Nombre científico	COBERTURA RELATIVA (%)	DENSIDAD RELATIVA (%)	FRECUENCIA RELATIVA (%)	IVI
1	*Acanthocereus tetragonus*	1.30	2.55	5.13	8.97
2	*Agave angustifolia*	22.13	13.38	7.69	43.20
3	*Ambrosia hispida*	8.66	15.92	10.26	34.84
4	*Anthurium schlechtendalii*	10.88	7.01	7.69	25.58
5	*Canavalia rosea*	6.63	3.82	5.13	15.58
6	*Cyperus rotundus*	1.26	3.82	5.13	10.21
7	*Cyrtopodium macrobulbon*	2.80	3.18	5.13	11.11
8	*Flaveria linearis*	3.41	6.37	5.13	14.91
9	*Lantana involucrata*	3.48	7.01	5.13	15.61
10	*Mammillaria gaumeri*	0.38	1.91	2.56	4.85
11	*Myrmecophila christinae*	14.99	8.28	10.26	33.52
12	*Opuntia stricta*	4.54	5.73	7.69	17.96
13	*Passiflora foetida*	7.94	5.10	7.69	20.72
14	*Porophyllum punctatum*	3.98	7.64	7.69	19.32
15	*Selenicereus grandiflorus*	4.96	2.55	2.56	10.08
16	*Tillandsia balbisiana*	2.66	5.73	5.13	13.52
TOTAL		**100**	**100**	**100**	**300**

Resultados de los valores obtenidos de Diversidad florística por estrato en el AI.

De esta forma, el índice se expresa como H' y contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Este índice normalmente se refiere con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). Entre mayor es el índice, mayor es la diversidad.

ESTRATO HERBÁCEO

Tabla III.18. Diversidad (H'), Equidad de las especies. Estrato herbáceo.

	Nombre científico	DENSIDAD	ABUND REL (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
1	*Acanthocereus tetragonus*	4	0.0255	-3.6700	0.0935
2	*Agave angustifolia*	21	0.1338	-2.0117	0.2691
3	*Ambrosia hispida*	25	0.1592	-1.8374	0.2926
4	*Anthurium schlechtendalii*	11	0.0701	-2.6584	0.1863
5	*Canavalia rosea*	6	0.0382	-3.2645	0.1248
6	*Cyperus rotundus*	6	0.0382	-3.2645	0.1248
7	*Cyrtopodium*	5	0.0318	-3.4468	0.1098

	Nombre científico	DENSIDAD	ABUND REL (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
	macrobulbon				
8	*Flaveria linearis*	10	0.0637	-2.7537	0.1754
9	*Lantana involucrata*	11	0.0701	-2.6584	0.1863
10	*Mammillaria gaumeri*	3	0.0191	-3.9576	0.0756
11	*Myrmecophila christinae*	13	0.0828	-2.4913	0.2063
12	*Opuntia stricta*	9	0.0573	-2.8590	0.1639
13	*Passiflora foetida*	8	0.0510	-2.9768	0.1517
14	*Porophyllum punctatum*	12	0.0764	-2.5713	0.1965
15	*Selenicereus grandiflorus*	4	0.0255	-3.6700	0.0935
16	*Tillandsia balbisiana*	9	0.0573	-2.8590	0.1639
		157	**1.000**		
				H'=	2.6138
				Hmax=	2.7726
				Equitatividad=	0.9427

El índice de diversidad de Shannon-Wiener calculado para el estrato herbáceo fue de H' = 2.6138, mientras que la diversidad máxima teórica para una comunidad integrada por 16 especies corresponde a Hmax = 2.7726. La diferencia entre ambos valores es de únicamente 0.1588 unidades, lo que indica que la comunidad vegetal se aproxima notablemente a la diversidad máxima esperada para la riqueza específica observada.

La equitatividad de Pielou (J') fue de 0.9427, lo que representa el 94.27% de la diversidad máxima posible. Este resultado evidencia una distribución altamente uniforme de los individuos entre las especies registradas y una baja dominancia ecológica dentro de la comunidad. La elevada equidad observada indica que ninguna especie dominante significativamente los recursos disponibles ni desplaza a las demás especies presentes.

Las especies con mayor abundancia relativa fueron *Ambrosia hispida* (15.92%), *Agave angustifolia* (13.38%) y *Myrmecophila christinae* (8.28%); sin embargo, estas proporciones se mantienen dentro de rangos moderados, permitiendo que el resto de las especies contribuyan de manera importante a la composición y estructura de la comunidad. Este patrón explica los elevados valores de diversidad y equitatividad obtenidos.

Desde una perspectiva ecológica, la presencia de 16 especies, un índice de Shannon superior a 2.6 y una equitatividad cercana a la unidad indican una comunidad herbácea diversa y estructuralmente equilibrada. La elevada uniformidad en la distribución de abundancias sugiere la existencia de condiciones ambientales que favorecen la coexistencia de múltiples especies, manteniendo una adecuada heterogeneidad florística dentro del Área de Influencia.

Al comparar estos resultados con los obtenidos para la Región Ecológica, se observa que el estrato herbáceo del Área de Influencia presenta una diversidad ligeramente superior (H' = 2.6138) respecto a la registrada en la Región Ecológica (H' = 2.5655), así como una mayor equitatividad (J' = 0.9427 frente a J' = 0.9055). Esto indica que, a pesar de encontrarse inmersa en un entorno con mayor grado de modificación antrópica, la vegetación herbácea del Área de Influencia mantiene una composición florística heterogénea y una distribución más uniforme de los individuos entre especies.

En términos generales, el estrato herbáceo del Área de Influencia puede clasificarse como una comunidad con diversidad media-alta a alta, muy alta equidad y baja dominancia ecológica. La cercanía entre la diversidad observada y la diversidad máxima teórica refleja una comunidad vegetal relativamente estable y representativa de las condiciones ambientales presentes en esta unidad de análisis.

Estrato Arbustivo

En el Área de Influencia (AI) se registraron 14 especies pertenecientes al estrato arbustivo, con una abundancia total de 192 individuos distribuidos en los seis sitios de muestreo establecidos. Los valores de importancia ecológica (IVI) indican que las especies con mayor contribución a la estructura de la comunidad son *Metopium brownei* (52.22%), *Bravaisia berlandieriana* (51.68%) y *Thrinax radiata* (35.37%), seguidas por *Coccothrinax readii* (26.08%). Estas especies presentan las mayores contribuciones en términos de cobertura, densidad y frecuencia relativa, por lo que constituyen los principales componentes estructurales del estrato arbustivo dentro del Área de Influencia.

Tabla III.19. Valor de Importancia (IVI). Estrato arbustivo del área del AI.

	Nombre científico	COBERTURA RELATIVA (%)	DENSIDAD RELATIVA (%)	FRECUENCIA RELATIVA (%)	IVI
1	*Bonellia macrocarpa*	3.18	4.17	7.14	14.49
2	*Bravaisia berlandieriana*	7.48	32.29	11.90	51.68
3	*Capparis pachaca*	1.13	5.73	9.52	16.38
4	*Coccoloba uvifera*	5.53	4.69	7.14	17.36
5	*Coccothrinax readii*	14.55	6.77	4.76	26.08
6	*Crossopetalum rhacoma*	1.43	3.13	4.76	9.32
7	*Enriquebeltrania crenatifolia*	1.02	1.04	2.38	4.45
8	*Malvaviscus arboreus*	0.31	1.56	4.76	6.63
9	*Metopium brownei*	23.87	14.06	14.29	52.22
10	*Pithecellobium keyense*	5.23	3.13	4.76	13.11
11	*Quadrella incana*	3.89	5.21	7.14	16.24
12	*Sideroxylon americanum*	6.25	4.69	7.14	18.08
13	*Tara vesicaria*	8.09	5.73	4.76	18.59
14	*Thrinax radiata*	18.03	7.81	9.52	35.37
TOTAL		**100**	**100**	**100**	**300**

Resultados de los valores obtenidos de Diversidad florística por estrato en el AI.

De esta forma, el índice se expresa como H’ y contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Este índice normalmente se refiere con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). Entre mayor es el índice, mayor es la diversidad.

ESTRATO ARBUSTIVO

Tabla III.20. Diversidad (H'), Equidad de las especies. Estrato arbustivo.

	Nombre científico	DENSIDAD	ABUND REL (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
1	*Bonellia macrocarpa*	8	0.0417	-3.1781	0.1324
2	*Bravaisia berlandieriana*	62	0.3229	-1.1304	0.3650
3	*Capparis pachaca*	11	0.0573	-2.8596	0.1638
4	*Coccoloba uvifera*	9	0.0469	-3.0603	0.1435
5	*Coccothrinax readii*	13	0.0677	-2.6925	0.1823
6	*Crossopetalum rhacoma*	6	0.0313	-3.4657	0.1083
7	*Enriquebeltrania crenatifolia*	2	0.0104	-4.5643	0.0475
8	*Malvaviscus arboreus*	3	0.0156	-4.1589	0.0650
9	*Metopium brownei*	27	0.1406	-1.9617	0.2759
10	*Pithecellobium keyense*	6	0.0313	-3.4657	0.1083
11	*Quadrella incana*	10	0.0521	-2.9549	0.1539
12	*Sideroxylon americanum*	9	0.0469	-3.0603	0.1435
13	*Tara vesicaria*	11	0.0573	-2.8596	0.1638
14	*Thrinax radiata*	15	0.0781	-2.5494	0.1992
		192	**1.000**		
				H'=	2.2524
				Hmax=	2.6391
				Equitatividad=	0.8535

El índice de diversidad de Shannon-Wiener calculado para esta comunidad fue de H' = 2.2524, mientras que la diversidad máxima teórica para una comunidad integrada por 14 especies corresponde a Hmax = 2.6391. La diferencia entre ambos valores (0.3867 unidades) indica que la comunidad mantiene una diversidad relativamente elevada; sin embargo, ésta se encuentra más alejada de la diversidad máxima posible que la observada en los estratos herbáceos analizados previamente.

La equitatividad de Pielou (J') fue de 0.8535, lo que representa el 85.35% de la diversidad máxima esperada. Este valor refleja una distribución relativamente homogénea de los individuos entre las especies registradas, aunque con una tendencia más evidente hacia la dominancia de algunas especies. En particular, *Bravaisia berlandieriana* concentra el 32.29% de los individuos registrados, seguida por *Metopium brownei* con 14.06% y *Thrinax radiata* con 7.81%, generando una estructura menos uniforme que la observada en los demás estratos evaluados.

La elevada abundancia de *Bravaisia berlandieriana* influye directamente en la reducción de la equitatividad y del valor de diversidad, ya que una proporción importante de los individuos se concentra en esta especie. No obstante, el resto de las especies mantienen representaciones significativas dentro de la comunidad, permitiendo conservar niveles relativamente altos de riqueza y diversidad florística.

Desde una perspectiva ecológica, la presencia de 14 especies arbustivas y un índice de Shannon superior a 2.0 indican una comunidad con diversidad moderada a media-alta, donde la heterogeneidad florística continúa siendo importante, aunque existe una mayor dominancia relativa de determinadas especies. Este patrón es común en

comunidades sujetas a perturbaciones antrópicas moderadas o en ambientes donde ciertas especies encuentran condiciones favorables para su establecimiento y desarrollo.

Al comparar estos resultados con los obtenidos para la Región Ecológica, se observa que el estrato arbustivo del Área de Influencia presenta una riqueza específica ligeramente menor (14 especies frente a 16 especies en la RE), así como una diversidad inferior (H' = 2.2524 frente a H' = 2.5330) y una menor equitatividad (J' = 0.8535 frente a J' = 0.9136). Esto sugiere que la vegetación arbustiva del Área de Influencia presenta una estructura más simplificada y una mayor concentración de individuos en unas cuantas especies dominantes, probablemente asociada al grado de modificación antrópica y fragmentación presente en esta unidad de análisis.

En términos generales, el estrato arbustivo del Área de Influencia puede clasificarse como una comunidad con diversidad moderada a media-alta, equitatividad relativamente alta y dominancia moderada. A pesar de la influencia de especies dominantes como *Bravaisia berlandieriana* y *Metopium brownei*, la comunidad conserva una composición florística diversa y representativa de las condiciones ambientales presentes en el Área de Influencia.

Presencia y distribución de especies vegetales bajo el régimen de protección legal, de acuerdo con la normatividad Ambiental y otros ordenamientos en el área de estudio y de influencia. NOM-059-SEMARNAT-2010.

Como resultado de los muestreos, se registraron tres especies de flora enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 la cual corresponde a *Coccothrinax readii* (Amenazada), *Thrinax radiata* (Amenazada) y *Mammillaria gaumeri* (En peligro de extinción), y cinco especies endémicas: *Coccothrinax readii, Mammillaria gaumeri, Selenicereus grandiflorus, Pithecellobium keyense* y *Sideroxylon americanum*

Vegetación del predio.

En cuanto a la vegetación del predio, esta corresponde a una que tiene cierta modificación por estar en una zona urbana, por otro lado, mantiene semejanza con los alrededores y por lo tanto con el área de influencia y región ecológica, lo cual se representa en las especies compartidas en los muestreos realizados.

En la tabla siguiente, se presenta las coordenadas de ubicación de los sitios de muestreo realizados en el predio (UTM, zona 16Q).

Tabla III.21. Coordenadas de los cuadrantes (UTM, zona 16Q)

SITIO	X	Y
1	247718.0746	2359832.0599
2	247703.5661	2359831.4361
3	247686.2282	2359828.8177
4	247681.6137	2359839.1913
5	247702.6323	2359842.5223
6	247715.3622	2359840.1101

A continuación, se presentan la representación de la distribución de cada uno de los sitios muestreados en predio:

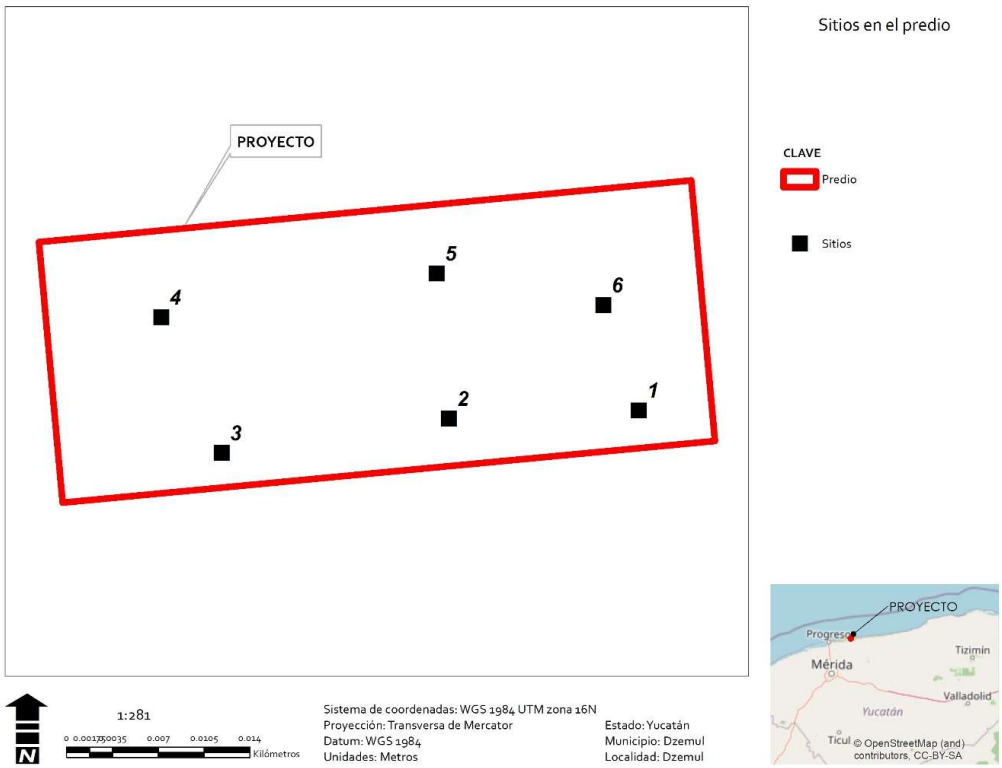


Figura III.37. Representación de la distribución de los sitios de muestreo en el predio.



Figura III.38. Panorámica del predio.



Figura III.39. Marcaje de un sitio de muestreo.



Figura III.40. Trazo de los cuadrantes.



Figura III.41. Registro de *M. gaumeri*.

Valor de importancia de la vegetación

Con la finalidad de jerarquizar la dominancia de cada especie registrada en la vegetación muestreada, se calculó el Índice de Valor de Importancia (**IVI**), el cual fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951) y aplicado por Pool etal. (1977), Cox (1981), Cintrón & Schaeffer–Novelli (1983) y Corella et al. (2001). Es un índice sintético estructural que se calcula de la siguiente manera:

IVI = Dominancia relativa + Densidad relativa + Frecuencia relativa

Cada uno de los parámetros utilizados en la fórmula antes citada, se calculó con base en las siguientes ecuaciones:

Dominancia relativa:
Dominancia relativa =

$$\frac{\text{Dominancia por especie (área basal)}}{\text{Dominancia de todas las especies}} \text{ X } 100$$

Para el caso del estrato herbáceo se utilizó la cobertura absoluta y relativa de cada especie y no el área basal, pues no es parámetro medible para los ejemplares que se desarrollan en él.

Densidad relativa:
Densidad relativa =

$$\frac{\text{Densidad por especie (\# de individuos muestreados)}}{\text{Densidad de todas las especies}} \text{ X } 100$$

Frecuencia relativa:
Frecuencia relativa =

$$\frac{\text{Número de sitios en los que se presenta cada especie}}{\text{Número total de sitios muestreados}} \text{ X } 100$$

Se analiza la diversidad de especies por estrato para observar la variación de la riqueza y la abundancia de las especies de los grupos registrados en las unidades de muestreo. Para este análisis se utilizó el índice de Shannon Wiener (H'), este índice refleja la relación entre riqueza y uniformidad (Magurran, 1988; citado por Moreno C., 2002).

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 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

Los factores ambientales y antropogénicos que han afectado al área se analizaron para evaluar el estado actual de la vegetación. Este análisis sirve de base para respaldar las recomendaciones sobre las medidas de mitigación que se proponen en función de las condiciones de la vegetación y de las especies seleccionadas, que se encuentran dentro del predio.

Composición de especies

Con el propósito de conocer la cobertura vegetal y las especies que se distribuyen en el área de interés, se realizaron recorridos por todo el terreno y en general, en toda la zona. Durante los recorridos de campo realizando registro y con base en el apoyo bibliográfico y el conocimiento previo de personal conocedor de la vegetación, se registraron las especies arbustivas y herbáceas observadas directamente, con el fin de conformar un listado florístico de la vegetación que interactúa con el predio y conspicuas en las colindancias.

La vegetación al interior del predio alcanza una riqueza de 23 especies, 23 géneros y 18 familias.

Tabla III.22. Riqueza florística registrada en el predio objeto de estudio.

#	Familia	Genero	Nombre científico	Nombre común	Forma de vida	DISTRIBUCIÓN	NOM-059
1	Acanthaceae	Bravaisia	*Bravaisia berlandieriana*	Julub	Arbustiva	Nativa	No enlistada
2	Anacardiaceae	Metopium	*Metopium brownei*	Cheechem	Arbórea	Nativa	No enlistada
3	Araceae	Anthurium	*Anthurium schlechtendalii*	Boobtúm	Herbácea	Nativa	No enlistada
4	Arecaceae	Coccothrinax	*Coccothrinax readii*	Náaj k'aax	Arbórea	Endémica	Amenazada
5	Asparagaceae	Agave	*Agave angustifolia*	Ch'elem	Herbácea	Nativa	No enlistada
6	Asteraceae	Ambrosia	*Ambrosia hispida*	Muuch' kook	Herbácea	Nativa	No enlistada
7	Asteraceae	Porophyllum	*Porophyllum punctatum*	Ukíil	Herbácea	Nativa	No enlistada
8	Bromeliaceae	Tillandsia	*Tillandsia balbisiana*	Xch'u'	Epífita	Nativa	No enlistada
9	Cactaceae	Mammillaria	*Mammillaria gaumeri*	K'iix pak'am	Herbácea	Nativa	En peligro de extinción
10	Cactaceae	Opuntia	*Opuntia stricta*	Tsakam	Herbácea	Nativa	No enlistada
11	Cactaceae	Selenicereus	*Selenicereus grandiflorus*	Koj kaan	Enredadera	Endémica	No enlistada
12	Capparaceae	Quadrella	*Quadrella incana*	Bojk'anche'	Arbustiva	Nativa	No enlistada
13	Celastraceae	Crossopetalum	*Crossopetalum rhacoma*	ND	Arbustiva	Nativa	No enlistada
14	Cyperaceae	Cyperus	*Cyperus rotundus*	Tuk'uch	Herbácea	Nativa	No enlistada
15	Fabaceae	Canavalia	*Canavalia rosea*	Frijolillo	Enredadera	Nativa	No enlistada
16	Fabaceae	Pithecellobium	*Pithecellobium keyense*	Ya'ax k'aax	Arbustiva	Endémica	No enlistada
17	Fabaceae	Tara	*Tara vesicaria*	Ya'ax k'iin che'	Arbórea	Nativa	No enlistada
18	Orchidaceae	Myrmecophila	*Myrmecophila christinae*	Orquídea	Epífita	Nativa	No enlistada
19	Passifloraceae	Passiflora	*Passiflora foetida*	Túubok	Enredadera	Nativa	No enlistada
20	Polygonaceae	Coccoloba	*Coccoloba uvifera*	Ni' che'	Arbustiva	Nativa	No enlistada
21	Primulaceae	Bonellia	*Bonellia macrocarpa*	Chak sik'iix le'	Arbustiva	Nativa	No enlistada
22	Sapotaceae	Sideroxylon	*Sideroxylon americanum*	Mulche'	Arbórea	Endémica	No enlistada
23	Verbenaceae	Lantana	*Lantana involucrata*	Sikil ja' xiiw	Herbácea	Nativa	No enlistada

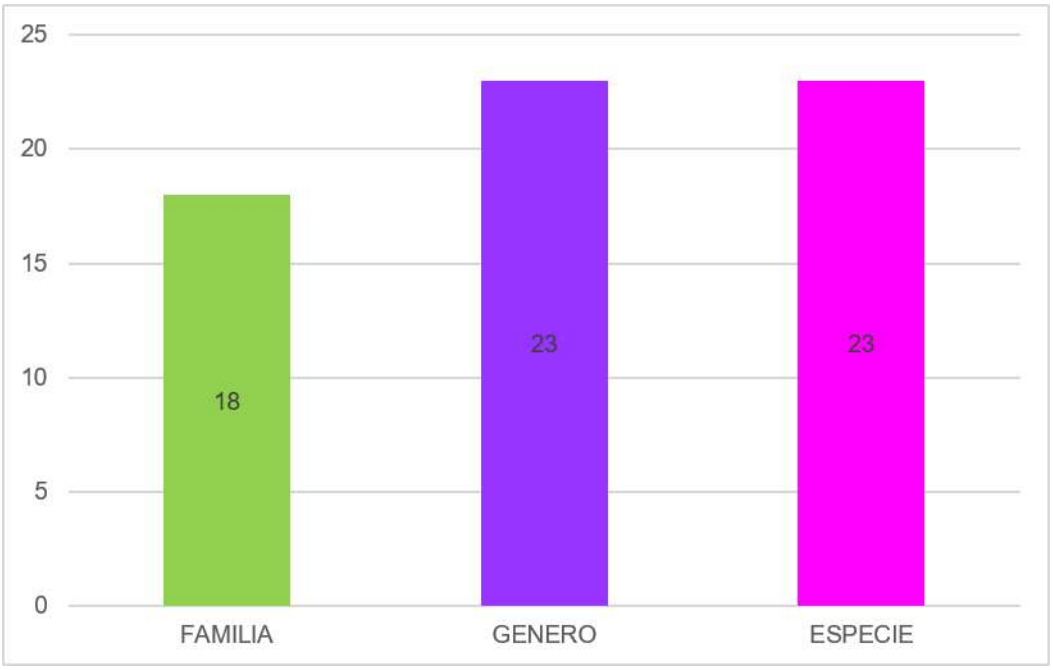


Figura III.42. Riqueza de las especies registradas en el predio.

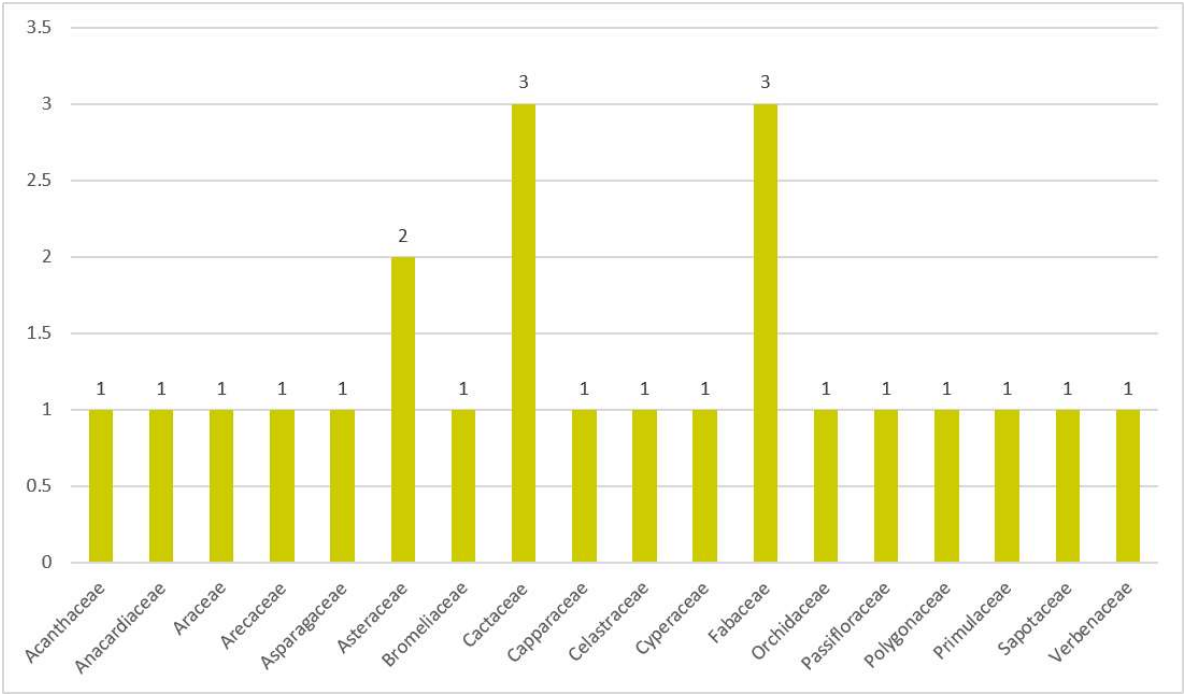


Figura III.43. Abundancia de las familias registradas, como se observa Cactaceae y Fabaceae son las más abundantes.

CURVAS DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES

Con la finalidad de presentar un análisis estadístico que justifique el diseño y tamaño de la muestra o esfuerzo de muestreo, en cuanto a la representatividad de la muestra, las características del o los tipos de vegetación, se utilizó

el método no paramétrico de Curva de Acumulación de Especies, mediante el uso del programa Estimate ®, disponible en la red de manera gratuita, este método consiste en graficar curvas que muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de recolecta en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual por más que se recolecte, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota (Villarreal H et al., 2006), con estimadores no paramétricos, de todos los modelos que ha desarrollado Chao (Chao, A. 1984), el más utilizado desde entonces ha sido el propuesto en 1984, Chao1 para el estimador basado en abundancias y Chao2 para el estimador basado en incidencia (Escalante-Espinosa, T. 2003). A continuación, se presenta la curva de acumulación obtenida para los 6 sitios de muestreo realizados, tomando en cuanto la totalidad de las especies de los dos estratos.

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 la tendencia, lo que indica que, al realizar más sitios de muestreo, la riqueza no sufrirá cambios significativos.

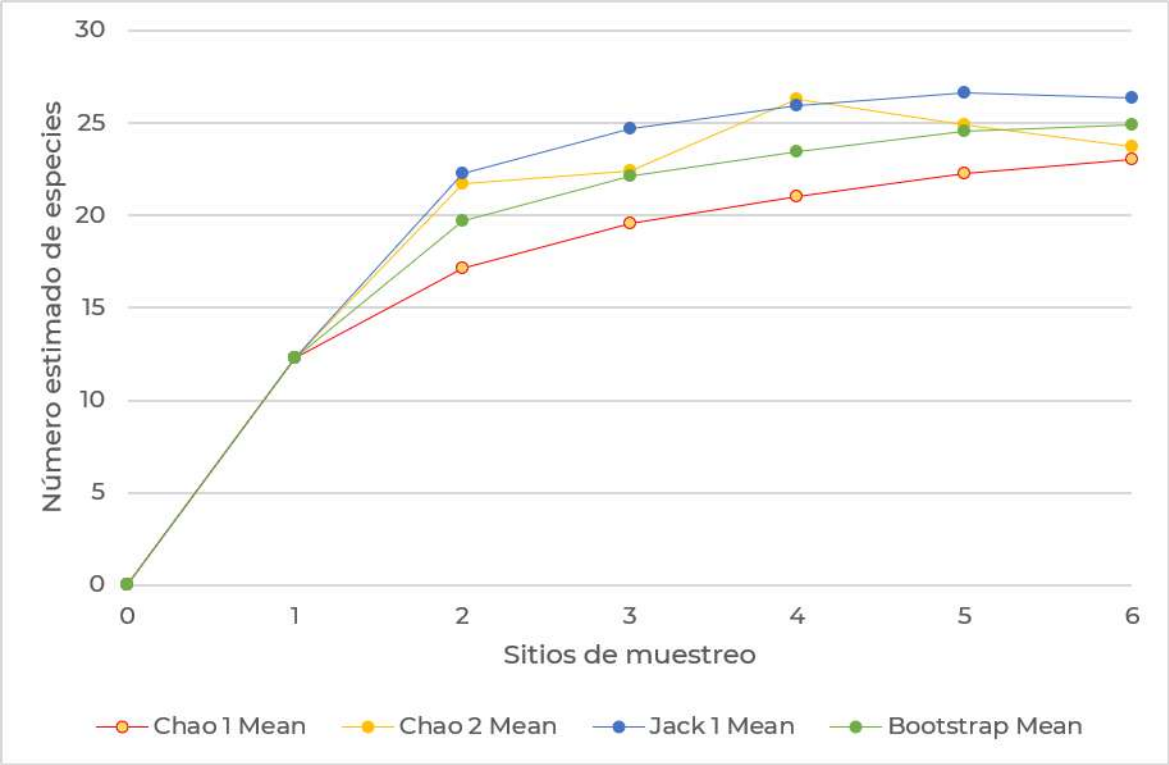


Figura III.44. Curva de acumulación para los 6 sitios muestreos realizados en el predio.

Resultados de los valores obtenidos de Importancia Ecológica en el predio.

La información del valor de importancia relativa generado a partir de los muestreos para los diversos estratos de la comunidad se presenta en las siguientes tablas.

Estrato herbáceo

En el predio se registraron 13 especies pertenecientes al estrato herbáceo, con una abundancia total de 246 individuos distribuidos en los seis sitios de muestreo establecidos. Los valores de importancia ecológica (IVI) muestran que las especies con mayor contribución a la estructura de la comunidad son *Ambrosia hispida* (58.56%), *Agave angustifolia* (52.76%) y *Porophyllum punctatum* (43.96%), las cuales concentran los mayores valores de cobertura, densidad y frecuencia relativa dentro de la comunidad vegetal.

Tabla III.23. Valor de Importancia (IVI). Estrato herbáceo del área del predio.

	Nombre científico	COBERTURA RELATIVA (%)	DENSIDAD RELATIVA (%)	FRECUENCIA RELATIVA (%)	IVI
1	*Agave angustifolia*	20.30	17.07	15.38	52.76
2	*Ambrosia hispida*	20.38	30.49	7.69	58.56
3	*Anthurium schlechtendalii*	6.38	2.03	5.13	13.54
4	*Canavalia rosea*	10.51	6.50	12.82	29.84
5	*Cyperus rotundus*	1.16	2.03	2.56	5.75
6	*Lantana involucrata*	6.93	6.10	10.26	23.29
7	*Mammillaria gaumeri*	0.06	1.22	2.56	3.85
8	*Myrmecophila christinae*	5.87	2.85	5.13	13.84
9	*Opuntia stricta*	3.86	5.28	10.26	19.40
10	*Passiflora foetida*	3.25	2.85	5.13	11.23
11	*Porophyllum punctatum*	13.66	17.48	12.82	43.96
12	*Selenicereus grandiflorus*	4.59	2.44	5.13	12.16
13	*Tillandsia balbisiana*	3.05	3.66	5.13	11.84
TOTAL		**100**	**100**	**100**	**300**

Resultados de los valores obtenidos de Diversidad florística por estrato en el predio.

De esta forma, el índice se expresa como H' y contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Este índice normalmente se refiere con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). Entre mayor es el índice, mayor es la diversidad.

ESTRATO HERBÁCEO

Tabla III.24. Diversidad (H'), Equidad de las especies. Estrato herbáceo.

	Nombre científico	DENSIDAD	ABUND REL (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
1	*Agave angustifolia*	42	0.1707	-1.7677	0.3018
2	*Ambrosia hispida*	75	0.3049	-1.1878	0.3621
3	*Anthurium schlechtendalii*	5	0.0203	-3.8959	0.0792
4	*Canavalia rosea*	16	0.0650	-2.7327	0.1777
5	*Cyperus rotundus*	5	0.0203	-3.8959	0.0792

	Nombre científico	DENSIDAD	ABUND REL (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
6	*Lantana involucrata*	15	0.0610	-2.7973	0.1706
7	*Mammillaria gaumeri*	3	0.0122	-4.4067	0.0537
8	*Myrmecophila christinae*	7	0.0285	-3.5594	0.1013
9	*Opuntia stricta*	13	0.0528	-2.9404	0.1554
10	*Passiflora foetida*	7	0.0285	-3.5594	0.1013
11	*Porophyllum punctatum*	43	0.1748	-1.7441	0.3049
12	*Selenicereus grandiflorus*	6	0.0244	-3.7136	0.0906
13	*Tillandsia balbisiana*	9	0.0366	-3.3081	0.1210
		246	**1.000**		
				H'=	2.0988
				Hmax=	2.5649
				Equitatividad=	0.8183

El índice de diversidad de Shannon-Wiener obtenido para el estrato herbáceo fue de H' = 2.0988, mientras que la diversidad máxima teórica para una comunidad integrada por 13 especies corresponde a Hmax = 2.5649. La diferencia entre ambos valores (0.4661 unidades) indica que la comunidad se encuentra relativamente alejada de la diversidad máxima esperada para la riqueza específica registrada, reflejando una estructura menos equilibrada que la observada en la Región Ecológica y en el Área de Influencia.

La equitatividad de Pielou (J') fue de 0.8183, lo que representa el 81.83% de la diversidad máxima posible. Aunque este valor puede considerarse relativamente alto, es significativamente menor que los obtenidos para la Región Ecológica (J' = 0.9055) y para el Área de Influencia (J' = 0.9427), evidenciando una distribución menos uniforme de los individuos entre las especies presentes.

La especie más abundante fue *Ambrosia hispida*, con una abundancia relativa de 30.49% del total de individuos registrados, seguida por *Porophyllum punctatum* (17.48%) y *Agave angustifolia* (17.07%). En conjunto, estas tres especies concentran aproximadamente el 65% de los individuos registrados en el estrato herbáceo, situación que genera una dominancia ecológica más marcada y reduce la contribución relativa del resto de las especies a la diversidad total de la comunidad.

La menor riqueza florística observada en el predio (13 especies) respecto a la Región Ecológica (17 especies) y al Área de Influencia (16 especies), así como los menores valores de diversidad y equitatividad, sugieren que la comunidad herbácea presenta una composición florística más simplificada. Este patrón es consistente con ambientes que han experimentado algún grado de perturbación o modificación de las condiciones naturales, favoreciendo el establecimiento y predominio de un número reducido de especies con mayor capacidad de adaptación a las condiciones locales.

Al comparar los resultados entre las tres unidades de análisis, se observa que la Región Ecológica y el Área de Influencia presentan condiciones ecológicas más favorables para el mantenimiento de la diversidad vegetal. Ambas unidades muestran una mayor riqueza específica, mayores valores de diversidad de Shannon y una distribución más homogénea de los individuos entre especies. En contraste, el predio presenta una comunidad herbácea más dominada por unas cuantas especies, con menor heterogeneidad florística y menor representatividad de especies dentro de la estructura comunitaria.

Desde una perspectiva ecológica, estos resultados indican que el predio conserva elementos representativos de la flora herbácea regional; sin embargo, su estructura vegetal presenta una diversidad moderada y una dominancia relativamente alta en comparación con las condiciones observadas en el Área de Influencia y la Región Ecológica. Lo anterior sugiere que la vegetación herbácea presente en el predio posee una condición ecológica menos favorable para la conservación de la diversidad florística que la registrada en las unidades de análisis de mayor escala.

En términos generales, el estrato herbáceo del predio puede clasificarse como una comunidad con diversidad moderada, equitatividad media-alta y dominancia moderada a alta, siendo ecológicamente menos diversa y menos homogénea que las comunidades registradas tanto en la Región Ecológica como en el Área de Influencia.

Estrato Arbustivo

En el predio se registraron 10 especies pertenecientes al estrato arbustivo, con una abundancia total de 138 individuos distribuidos en los seis sitios de muestreo establecidos. Los valores de importancia ecológica (IVI) muestran que las especies con mayor contribución estructural son *Coccothrinax readii* (61.68%), *Bravaisia berlandieriana* (56.63%) y *Quadrella incana* (35.74%), seguidas por *Metopium brownei* (35.54%) y *Tara vesicaria* (32.18%). Estas especies concentran los mayores valores de cobertura, densidad y frecuencia relativa, por lo que representan los principales componentes estructurales del estrato arbustivo dentro del predio.

Tabla III.25. Valor de Importancia (IVI). Estrato arbustivo del área del predio.

	Nombre científico	COBERTURA RELATIVA (%)	DENSIDAD RELATIVA (%)	FRECUENCIA RELATIVA (%)	IVI
1	*Bonellia macrocarpa*	4.78	9.42	12.12	26.32
2	*Bravaisia berlandieriana*	8.14	33.33	15.15	56.63
3	*Coccoloba uvifera*	4.78	2.17	3.03	9.98
4	*Coccothrinax readii*	32.04	14.49	15.15	61.68
5	*Crossopetalum rhacoma*	4.60	5.07	9.09	18.77
6	*Metopium brownei*	15.58	10.87	9.09	35.54
7	*Pithecellobium keyense*	5.84	2.17	3.03	11.04
8	*Quadrella incana*	10.44	10.14	15.15	35.74
9	*Sideroxylon americanum*	3.89	2.17	6.06	12.13
10	*Tara vesicaria*	9.91	10.14	12.12	32.18
TOTAL		**100**	**100**	**100**	**300**

Resultados de los valores obtenidos de Diversidad florística por estrato en el predio.

De esta forma, el índice se expresa como H’ y contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Este índice normalmente se refiere con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). Entre mayor es el índice, mayor es la diversidad.

ESTRATO ARBUSTIVO

Tabla III.26. Diversidad (H'), Equidad de las especies. Estrato arbustivo.

	Nombre científico	DENSIDAD	ABUND REL (pi)	Ln (pi)	-(pi) x Ln (pi)
1	*Bonellia macrocarpa*	13	0.0942	-2.3623	0.2225
2	*Bravaisia berlandieriana*	46	0.3333	-1.0986	0.3662
3	*Coccoloba uvifera*	3	0.0217	-3.8286	0.0832
4	*Coccothrinax readii*	20	0.1449	-1.9315	0.2799
5	*Crossopetalum rhacoma*	7	0.0507	-2.9813	0.1512
6	*Metopium brownei*	15	0.1087	-2.2192	0.2412
7	*Pithecellobium keyense*	3	0.0217	-3.8286	0.0832
8	*Quadrella incana*	14	0.1014	-2.2882	0.2321
9	*Sideroxylon americanum*	3	0.0217	-3.8286	0.0832
10	*Tara vesicaria*	14	0.1014	-2.2882	0.2321
		138	**1.000**		
				H'=	1.9751
				Hmax=	2.3026
				Equitatividad=	0.8578

El índice de diversidad de Shannon-Wiener obtenido fue de H' = 1.9751, mientras que la diversidad máxima teórica para una comunidad integrada por 10 especies corresponde a Hmax = 2.3026. La diferencia entre ambos valores es de 0.3275 unidades, lo que indica que la comunidad no alcanza su máxima diversidad posible y presenta una estructura florística más simplificada respecto a las unidades de análisis externas.

La equitatividad de Pielou fue de J' = 0.8578, equivalente al 85.78% de la diversidad máxima posible. Este valor indica una distribución relativamente homogénea de los individuos entre las especies; sin embargo, dicha homogeneidad debe interpretarse con cautela, ya que la riqueza específica es baja y existe una concentración importante de individuos en pocas especies.

La especie más abundante fue *Bravaisia berlandieriana*, con una abundancia relativa de 33.33%, seguida por *Coccothrinax readii* (14.49%), *Metopium brownei* (10.87%), *Quadrella incana* (10.14%) y *Tara vesicaria* (10.14%). En conjunto, estas cinco especies concentran cerca del 78.97% de los individuos registrados, lo que evidencia una dominancia ecológica marcada y una menor participación del resto de las especies en la estructura de la comunidad.

Al comparar estos resultados con los obtenidos en la Región Ecológica y el Área de Influencia, se observa que el predio presenta condiciones florísticas menos favorables. La Región Ecológica registró 16 especies arbustivas, H' = 2.5330 y J' = 0.9136, mientras que el Área de Influencia presentó 14 especies, H' = 2.2524 y J' = 0.8535. En contraste, el predio registró únicamente 10 especies, H' = 1.9751 y J' = 0.8578. Esto demuestra que tanto la RE como el AI mantienen una mayor riqueza específica y una mayor diversidad florística que el predio.

Desde una perspectiva ecológica, la menor riqueza registrada en el predio, junto con el menor valor de Shannon-Wiener, indica que el estrato arbustivo presenta una comunidad más reducida y estructuralmente simplificada.

Aunque la equitatividad se mantiene en un valor relativamente alto, la diversidad total es menor debido a que el número de especies registradas es inferior y a que existe una mayor concentración de individuos en especies dominantes, principalmente *Bravaisia berlandieriana* y *Coccothrinax readii*.

En términos generales, el estrato arbustivo del predio puede clasificarse como una comunidad con diversidad moderada a baja, riqueza específica reducida y dominancia moderada a alta. En comparación con la Región Ecológica y el Área de Influencia, el predio no presenta las mejores condiciones ecológicas para este estrato, ya que las unidades externas conservan mayor diversidad, mayor riqueza y una composición florística más amplia.

Usos y aprovechamientos de la vegetación

Usos de vegetación en la zona (especies de uso local y de importación para etnias o grupos locales y especies de interés comercial).

La mayor parte de las especies vegetales registradas en este estudio, son comunes de la zona y del ecosistema de los alrededores.

Presencia y distribución de especies vegetales bajo el régimen de protección legal, de acuerdo con la normatividad Ambiental y otros ordenamientos en el área de estudio y de influencia. NOM-059-SEMARNAT-2010.

Como resultado de los muestreos, se registraron dos especies de flora enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, *Coccothrinax readii* (Amenazada) y *Mammillaria gaumeri* (En peligro de extinción), además se registraron cuatro especies endémicas: *Coccothrinax readii, Selenicereus grandiflorus, Pithecellobium keyense* y *Sideroxylon americanum*.

Tabla III.27. Comparación de los Valores de Importancia (IVI) del estrato herbáceo entre el Área del Proyecto (AP), Área de Influencia (AI) y Región Ecológica (RE)

Especie	AP	AI	RE
Acanthocereus tetragonus	0	8.97	11.71
Agave angustifolia	52.76	43.2	45.21
Ambrosia hispida	58.56	34.84	40.11
Anthurium schlechtendalii	13.54	25.58	14.74
Canavalia rosea	29.84	15.58	21.45
Cyperus rotundus	5.75	10.21	8.8
Cyrtopodium macrobulbon	0	11.11	8.48
Eragrostis ciliaris	0	0	9.35
Flaveria linearis	0	14.91	18.02
Lantana involucrata	23.29	15.61	8.64
Mammillaria gaumeri	3.85	4.85	7.86
Myrmecophila christinae	13.84	33.52	16.74
Opuntia stricta	19.4	17.96	18.39
Passiflora foetida	11.23	20.72	23.84
Porophyllum punctatum	43.96	19.32	28.4
Selenicereus grandiflorus	12.16	10.08	12.48

Especie	AP	AI	RE
Tillandsia balbisiana	11.84	13.52	5.78

Tabla III.28. Comparación de los Valores de Importancia (IVI) del estrato arbustivo entre el Área del Proyecto (AP), Área de Influencia (AI) y Región Ecológica (RE)

Especie	AP	AI	RE
Bonellia macrocarpa	26.32	14.49	15.42
Bravaisia berlandieriana	56.63	51.68	23.43
Capparis pachaca	0	16.38	9.54
Coccoloba uvifera	9.98	17.36	52.91
Coccothrinax readii	61.68	26.08	22.65
Crossopetalum rhacoma	18.77	9.32	21.41
Enriquebeltrania crenatifolia	0	4.45	7.05
Gossypium hirsutum	0	0	5.96
Gymnanthes lucida	0	0	11.8
Malvaviscus arboreus	0	6.63	8.09
Metopium brownei	35.54	52.22	34.87
Pithecellobium keyense	11.04	13.11	10.9
Quadrella incana	35.74	16.24	8.33
Sideroxylon americanum	12.13	18.08	28.3
Tara vesicaria	32.18	18.59	14.27
Thrinax radiata	0	35.37	25.06

Análisis comparativo general de IVI

Los resultados muestran que la Región Ecológica (RE) presenta la mayor riqueza florística tanto en el estrato herbáceo (17 especies) como en el arbustivo (16 especies), seguida por el Área de Influencia (AI) con 16 y 14 especies, respectivamente. Por su parte, el predio registró únicamente 13 especies herbáceas y 10 arbustivas, evidenciando una menor riqueza específica.

En el estrato herbáceo, la ausencia de especies como *Acanthocereus tetragonus*, *Cyrtopodium macrobulbon*, *Eragrostis ciliaris* y *Flaveria linearis* dentro del predio contribuye a la reducción de su riqueza y diversidad. Asimismo, especies como *Ambrosia hispida*, *Agave angustifolia* y *Porophyllum punctatum* presentan valores de IVI considerablemente superiores en el predio, reflejando una mayor dominancia ecológica.

En el estrato arbustivo, la diferencia es aún más evidente. El predio carece de especies presentes en la RE y/o AI como *Capparis pachaca*, *Enriquebeltrania crenatifolia*, *Gymnanthes lucida*, *Gossypium hirsutum*, *Malvaviscus arboreus* y *Thrinax radiata*. Además, especies como *Coccothrinax readii* y *Bravaisia berlandieriana* concentran una proporción importante del IVI total, generando una estructura vegetal más simplificada.

En conjunto, los valores de IVI, riqueza específica, diversidad (H') y equitatividad (J') indican que la Región Ecológica y el Área de Influencia conservan comunidades vegetales más complejas, diversas y mejor estructuradas que las observadas en el predio, donde existe una mayor dominancia de unas cuantas especies y una menor representatividad florística. Estos resultados sugieren que los principales atributos de conservación de la flora se encuentran en la RE y el AI, mientras que el predio constituye una unidad con menor diversidad relativa dentro del contexto ecológico local.

Tabla III.29. Comparación de riqueza específica, diversidad de Shannon-Wiener (H') y equitatividad (J') del estrato herbáceo entre el Predio (AP), Área de Influencia (AI) y Región Ecológica (RE)

Parámetro	AP (Predio)	AI	RE
Riqueza de especies (S)	13	16	17
Shannon-Wiener (H')	2.0988	2.6138	2.5655
Diversidad máxima (Hmax)	2.5649	2.7726	2.8332
Equitatividad (J')	0.8183	0.9427	0.9055

Tabla III.30. Comparación de riqueza específica, diversidad de Shannon-Wiener (H') y equitatividad (J') del estrato arbustivo entre el Predio (AP), Área de Influencia (AI) y Región Ecológica (RE)

Parámetro	AP (Predio)	AI	RE
Riqueza de especies (S)	10	14	16
Shannon-Wiener (H')	1.9751	2.2524	2.533
Diversidad máxima (Hmax)	2.3026	2.6391	2.7726
Equitatividad (J')	0.8578	0.8535	0.9136

Tabla III.31. Comparación general de los índices ecológicos

Unidad de análisis	Riqueza herbácea	Riqueza arbustiva	H' herbáceo	H' arbustivo	J' herbáceo	J' arbustivo
Predio (AP)	13	10	2.0988	1.9751	0.8183	0.8578
Área de Influencia (AI)	16	14	2.6138	2.2524	0.9427	0.8535
Región Ecológica (RE)	17	16	2.5655	2.533	0.9055	0.9136

- La Región Ecológica (RE) presenta la mayor riqueza florística total (33 especies entre ambos estratos), así como los mayores valores de diversidad para el estrato arbustivo (H' = 2.5330) y la mayor equitatividad arbustiva (J' = 0.9136), lo que indica comunidades mejor estructuradas y con menor dominancia.
- El Área de Influencia (AI) presenta los mayores valores de diversidad y equitatividad en el estrato herbáceo (H' = 2.6138; J' = 0.9427), reflejando una distribución muy homogénea de los individuos entre las especies.
- El Predio (AP) registra los menores valores de riqueza y diversidad en ambos estratos, particularmente en el arbustivo (10 especies; H' = 1.9751), lo que evidencia una comunidad más simplificada y con mayor influencia de especies dominantes.
- En conjunto, los índices muestran que las mejores condiciones ecológicas se presentan en la Región Ecológica y el Área de Influencia, mientras que el predio posee una menor complejidad florística, menor riqueza específica y menores niveles de diversidad, lo que confirma que los principales atributos de conservación de la flora se encuentran fuera de la superficie directamente ocupada por el proyecto.

Tabla III.32. Especies identificadas en campo endémicas o que se encuentren en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Nombre científico	Nombre común	Categoría de riesgo	Endémica (Sí/No)	Número de individuos		
				AP	AI	RE
Coccothrinax readii	Náaj k'aax	Amenazada	Si	20	13	11
Thrinax radiata	Ch'it	Amenazada	No	0	15	13
Mammillaria gaumeri	K'iix pak'am	En peligro de extinción	Si	3	3	9
Gossypium hirsutum	Taman ch'up	Protección especial	No	0	0	4
Selenicereus grandiflorus	Koj kaan	No enlistada	Si	6	4	4
Pithecellobium keyense	Ya'ax k'aax	No enlistada	Si	3	6	6
Sideroxylon americanum	Mulche'	No enlistada	Si	3	9	14

Durante los recorridos de campo realizados en el Área del Proyecto (AP), Área de Influencia (AI) y Región Ecológica (RE), se registraron siete especies de flora con algún atributo relevante de conservación, ya sea por encontrarse incluidas en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 o por presentar carácter endémico para México o la Península de Yucatán.

De las especies registradas, dos se encuentran catalogadas en la categoría de Amenazada (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Coccothrinax readii* y *Thrinax radiata*. La primera fue registrada en las tres unidades de análisis, observándose una mayor abundancia en el Área del Proyecto (20 individuos), seguida del Área de Influencia (13 individuos) y la Región Ecológica (11 individuos). Esta especie además presenta carácter endémico, lo que incrementa su importancia para la conservación. Por su parte, *Thrinax radiata* fue registrada únicamente en el Área de Influencia (15 individuos) y la Región Ecológica (13 individuos), encontrándose ausente dentro del predio.
Asimismo, se registró *Mammillaria gaumeri*, especie catalogada como En Peligro de Extinción (P) por la NOM-059-SEMARNAT-2010 y considerada endémica de la Península de Yucatán. Aunque la abundancia observada fue baja, su presencia reviste especial importancia debido a su estatus de conservación. Se registraron 3 individuos tanto en el Área del Proyecto como en el Área de Influencia, mientras que en la Región Ecológica se observaron 9 individuos, lo que indica una representación más importante de esta especie fuera del predio.

La especie *Gossypium hirsutum* fue registrada únicamente en la Región Ecológica con 4 individuos y se encuentra bajo la categoría de Protección Especial (Pr). La ausencia de esta especie tanto en el predio como en el Área de Influencia sugiere que las mejores condiciones para su establecimiento se encuentran en sectores más conservados de la Región Ecológica.

Adicionalmente, se registraron tres especies endémicas que no se encuentran enlistadas actualmente en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Selenicereus grandiflorus*, *Pithecellobium keyense* y *Sideroxylon americanum*. Estas especies se distribuyen en las tres unidades de análisis, aunque con mayores abundancias en la Región Ecológica y el Área de Influencia. Particularmente, *Sideroxylon americanum* presentó el mayor número de individuos en la Región Ecológica (14 individuos), seguido del Área de Influencia (9 individuos) y el predio (3 individuos).

En términos generales, la Región Ecológica registró la mayor abundancia acumulada de especies prioritarias para la conservación (61 individuos), seguida del Área de Influencia (50 individuos) y finalmente el Área del Proyecto

(35 individuos). Asimismo, la Región Ecológica fue la única unidad donde se registraron todas las especies identificadas, incluyendo aquellas sujetas a Protección Especial y con mayores poblaciones de especies endémicas y en riesgo.

Estos resultados indican que los principales atributos de conservación de la flora se concentran en la Región Ecológica y, en menor medida, en el Área de Influencia, donde existe una mayor riqueza y abundancia de especies endémicas y protegidas. En contraste, el predio presenta una representación menor de este grupo de especies, tanto en número de especies como en abundancia de individuos. Lo anterior coincide con los análisis de riqueza, diversidad y equitatividad realizados previamente, los cuales muestran que la Región Ecológica y el Área de Influencia conservan mejores condiciones ecológicas y una mayor complejidad florística que el Área del Proyecto.

Por lo tanto, desde una perspectiva de conservación biológica, el predio no constituye el principal reservorio de especies prioritarias dentro del contexto local, ya que los mayores valores de abundancia, riqueza y representatividad de especies endémicas y protegidas se localizan en la Región Ecológica y el Área de Influencia.

Conclusión del muestreo de Flora realizado

El muestreo florístico efectuado en el predio, el Área de Influencia (AI) y la Región Ecológica (RE) permitió caracterizar la composición, estructura y diversidad de la vegetación presente en las diferentes unidades de análisis, mediante una metodología estandarizada basada en seis sitios de muestreo de 16 m² por unidad, lo que permitió realizar comparaciones directas y estadísticamente consistentes entre ellas.

Los resultados obtenidos muestran que la Región Ecológica presenta las mejores condiciones de conservación y diversidad florística. En esta unidad se registró la mayor riqueza de especies tanto en el estrato herbáceo (17 especies) como en el arbustivo (16 especies), además de los mayores niveles de diversidad y equitatividad. Los índices de Shannon-Wiener obtenidos (H’ = 2.5655 para el estrato herbáceo y H’ = 2.5330 para el estrato arbustivo) reflejan comunidades vegetales heterogéneas, con una distribución relativamente uniforme de los individuos entre las especies registradas y una baja dominancia ecológica.

Por su parte, el Área de Influencia también presentó condiciones favorables para el mantenimiento de la diversidad vegetal. El estrato herbáceo registró 16 especies y alcanzó el valor de diversidad más alto de todas las unidades analizadas (H’ = 2.6138), acompañado de una elevada equitatividad (J’ = 0.9427), lo que evidencia una distribución altamente homogénea de los individuos entre las especies presentes. En el estrato arbustivo se registraron 14 especies y una diversidad de H’ = 2.2524, observándose una ligera disminución respecto a la Región Ecológica debido a una mayor dominancia de algunas especies; sin embargo, la comunidad conserva una estructura florística relativamente diversa y funcional.

En contraste, el predio presentó los valores más bajos de riqueza específica y diversidad en ambos estratos. En el estrato herbáceo se registraron 13 especies (H’ = 2.0988; J’ = 0.8183), mientras que en el estrato arbustivo se registraron únicamente 10 especies (H’ = 1.9751; J’ = 0.8578). Estos resultados indican una comunidad vegetal más simplificada y con una mayor concentración de individuos en un número reducido de especies dominantes, particularmente *Ambrosia hispida, Agave angustifolia* y *Porophyllum punctatum* en el estrato herbáceo, así como *Bravaisia berlandieriana* y *Coccothrinax readii* en el estrato arbustivo.

La comparación entre las tres unidades de análisis demuestra que el predio no concentra los mayores atributos de diversidad florística dentro del contexto local y regional. Por el contrario, tanto la Región Ecológica como el Área de Influencia presentan una mayor riqueza específica, mayores valores de diversidad y una distribución más homogénea de los individuos entre especies, lo que refleja mejores condiciones ecológicas y una mayor complejidad estructural de la vegetación.

Asimismo, los resultados sugieren que la vegetación presente en el predio corresponde a una comunidad con cierto grado de simplificación florística, probablemente asociado a procesos históricos de perturbación y modificación antrópica del sitio. No obstante, conserva elementos representativos de la flora regional y especies características de la vegetación costera de la Península de Yucatán, manteniendo conectividad florística con las comunidades presentes en el Área de Influencia y la Región Ecológica.

En términos generales, el análisis florístico permite concluir que la mayor importancia ecológica para la conservación de la diversidad vegetal se encuentra representada por las comunidades presentes en la Región Ecológica y el Área de Influencia, mientras que el predio constituye una porción de menor riqueza y diversidad relativa dentro del mosaico ambiental evaluado. Por ello, desde una perspectiva ecológica regional, la vegetación presente en el predio presenta una relevancia menor en comparación con las condiciones florísticas observadas en las unidades de análisis de mayor escala.

B) FAUNA

México es un país de megadiversidad, status que comparte con países como Brasil, Perú, Colombia, Indonesia, Madagascar, entre otros. Ocupa el primer lugar en la riqueza reptiles, el cuarto en anfibios, el segundo en mamíferos y el onceavo en aves (Rodríguez *et al*, 2003). Además de su riqueza en especies, México tiene un alto porcentaje de especies endémicas, colocándolo en tercer lugar después de Indonesia y Australia.

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 Hernandez-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 derivada de selva baja caducifolia en un grado medio de recuperación y con algunos fragmentos con vocación 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.

Con el fin de obtener el mayor reconocimiento posible de la fauna y otras características de la región, se revisaron listados y trabajos elaborados previamente en las áreas de influencia del proyecto. En la siguiente tabla se presenta una comparación de la fauna silvestre con ocurrencia regional y local.

Tabla III.33. Comparativo de la fauna silvestre nacional, regional y local.

GRUPO	MÉXICO	PENÍNSULA	YUCATÁN
Anfibios	361	43	18
Reptiles	804	139	87
Aves	1,100	550	456
Mamíferos	550	151	129
TOTAL	**2,712**	**883**	**662**

Por último, para determinar las especies de vertebrados terrestres presentes en el predio bajo estudio, se procedió a realizar una valoración de la fauna. Los monitoreos estuvieron dirigidos para cada grupo de vertebrado (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), así como también las especies consideradas en alguna categoría de conservación de acuerdo a la normatividad ambiental y otros ordenamientos aplicables vigentes.

METODOLOGÍA DE MUESTREO

En este apartado se presentan los resultados obtenidos del estudio faunístico realizado en la Región Ecológica (RE) delimitada para el presente estudio, así como para los muestreos realizados en el área de influencia (AI) y dentro del polígono del proyecto.

El trabajo de campo se realizó en los meses junio del 2025. Dichas visitas tuvieron como objetivo la toma de datos sobre presencias y abundancias de la fauna silvestre, así como generar información de base que permita analizar la composición actual de las comunidades de fauna silvestre presentes dentro del polígono donde se pretende llevar a cabo el cambio de uso de suelo y en la RE delimitada para el proyecto.

Lo anterior nos permite obtener información robusta y al mismo tiempo nos permitirá una comparación válida de la información entre la RE, el AI y área del proyecto. De esta manera se podrá comprender el posible impacto sobre las comunidades de fauna silvestre en el área del polígono del proyecto con respecto a las condiciones que prevalecen en el área.

DISEÑO DE MUESTREO PARA EL TRABAJO DE CAMPO

La determinación de los métodos, los sitios de muestreo, el número de biólogos involucrados y el tiempo necesario para llevar a cabo el estudio faunístico, se realizó con base en el análisis del ciclo biológico de las especies a estudiar, tipo de vegetación y de la cartografía del área de estudio (imagen de satélite, modelo digital de elevación y carta de uso de suelo y vegetación).

Cada muestreo o visita, implementó de manera sistemática el mismo diseño y esfuerzo para cada grupo de fauna para cumplir con los supuestos de cada método y poder analizar la información con suficiencia estadística, así como para poder ser comparado con la información obtenida en el área del proyecto.

El método principal utilizado fue el de conteo en transectos, el cual permite estimar la presencia, abundancia, riqueza, actividad y densidad poblacional de las especies (Buckland *et al*., 1993; Wallace, 1999). La implementación de este método es funcional para todos los grupos de vertebrados (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), además de ser de bajo costo y mantener un requerimiento de personal bajo-medio, se puede cubrir áreas extensas en periodos de tiempo cortos. Con esta metodología el observador camina a velocidad constante en el llamado transecto, donde se registran todos los organismos y rastros observados, este método de registro es eficaz pues al estar el observador en movimiento evita contar dos veces al mismo individuo (De la Maza *et al*., 2013). Por su parte, el conteo de rastros de la fauna silvestre dentro del recorrido de transectos presenta ciertas ventajas pues corresponde a métodos de fácil aplicación en el campo, no representa disturbio a los individuos, y se puede aplicar en diferentes hábitats, además de proveer registros persistentes (Aguirre-León, 2011).

El registro de las especies fue por medio de la observación directa o visual (anfibios, reptiles, aves, mamíferos medianos), auditiva (para el caso de aves y anfibios), así como por medio de registros indirectos (huellas, excretas, madrigueras, huesos, nidos, entre otros), estos últimos, se contemplaron únicamente para obtener la información de la riqueza total y verificar la presencia de aquellas especies que no pudieran ser registradas mediante métodos directos.

MUESTREO EN LA REGIÓN ECOLÓGICA

HERPETOFAUNA

Los métodos que aquí se describen se aplican de manera general a estas dos clases de vertebrados, sin embargo, las variantes en los métodos que se utilizaron tienen que ver con los hábitos de vida de cada grupo y las características específicas del hábitat del predio del proyecto.

La mayoría de las especies de anfibios muestran actividad máxima después de la puesta del sol y su búsqueda durante las horas de luz resulta a menudo poco productiva. Al depender los anfibios de ambientes húmedos, muchas especies de ranas, sapos y salamandras viven asociados a cuerpos de agua, permanentes y temporales, donde pueden ser observados con mayor frecuencia (Gallina y López-González, 2011).

Por su parte, los reptiles tienen un mayor rango de actividad. La mayoría de las serpientes son de hábitos nocturnos, las iguanas y lagartijas prefieren horarios de actividad durante el día, sin embargo, todas las especies de este grupo pueden observarse en las horas luz debido a que son organismos ectotérmicos, y su temperatura corporal depende y varía con la del medio ambiente (Calderón-Mandujano *et al*., 2009).

Anfibios

Los recorridos se realizaron en los horarios crepusculares posterior a la puesta del sol entre las 19:00 y las 22:00 hrs (Casas-Andreu *et al*., 1991 y Gallina, *et al*., 2011), que corresponde a los horarios de mayor actividad para el grupo de anfibios. Se determinaron tres transectos con una longitud de 80 m lineales. La velocidad del recorrido se mantuvo constante de 30 min. Durante los recorridos se registraron los individuos observados y de ser posible sus vocalizaciones (registro auditivo de cantos para anuros).

Reptiles

El horario de muestreo para especies con actividad diurna, generalmente reptiles (iguanas y lagartijas), fue de 09:00 a 13:00 hrs. (Ramírez-Bautista, 1994; Uribe-Peña, *et al*., 1999). El horario para las especies con actividad nocturna se estableció a partir de las 18:00 a las 22:00 horas, este fue aplicado especialmente para serpientes (Ramírez-Bautista, 1994; Uribe-Peña *et al*., 1999).

Durante los recorridos los organismos se buscaron en los diferentes tipos de microhábitats; bajo rocas, sobre y bajo troncos, así como sobre las ramas de los árboles y entre los arbustos (Casas-Andreu *et al*., 1991), esto fue llevado a cabo en todo lo largo y ancho del transecto determinado, cabe señalar que al ir avanzando cada objeto movido fue nuevamente colocado en su lugar original, para evitar que los microhábitats no se alteren, y estos pudiesen ser revisados de nueva cuenta en los muestreos realizados posteriormente en el predio del proyecto.

El esfuerzo de muestreo se midió por unidad de superficie cubierta durante los recorridos (tres transectos de 80 m de longitud).

AVES

Los registros se realizaron de manera visual o auditiva considerando a todos los individuos. En total se establecieron tres transectos de 80 m de largo. De acuerdo a lo anterior se cubrió una distancia total de 240 metros lineales. Los recorridos iniciaron en las horas de mayor actividad de las aves (07:000 a 10:00 hrs y 17:000 a las 19:00 hrs).

Los registros fueron efectuados por biólogos con amplio conocimiento de la avifauna de la zona, para disminuir el sesgo en las detecciones por efecto del observador, un mismo observador se encargó siempre de realizar los mismos transectos a lo largo de todo el estudio. Para la observación de aves se utilizaron binoculares Vortex (8 X 42) y Bushnell (10 X 42).

La identificación de las especies fue por observación directa (visual) e indirecta (auditiva) y con ayuda de las guías de campo para especies residentes (Howell y Webb, 1995) para especies residentes y para especies migratorias (Nacional Geographic society, 1987 y Sibley, 2014). La nomenclatura empleada fue la establecida por CONABIO (2024). La vigencia de los nombres científicos de los organismos identificados se comprobó con el listado de la American Ornithological Society (2023).

MAMÍFEROS

Como se ha señalado de manera previa, la presencia de los mamíferos de talla mediana y grande se registró mediante métodos directos (observaciones) e indirectos por medio de rastros (huellas, excretas, pelos, comederos, rascaderos, madrigueras, nidos) siguiendo las recomendaciones hechas por Mandujano y Aranda (1993), Reid (2009) y Aranda (2012).

El esfuerzo de muestreo para el grupo de mamíferos medianos estuvo definido por los tres transectos recorridos con una longitud de 80 m. En total se recorrieron 240 metros lineales. Los recorridos se realizaron de día (07:000 a 11:00 hrs). La estimación de las abundancias se efectuó en base al número de registros obtenidos de manera

visual, empleando el método de transecto descrito por Mandujano y Aranda (1993) y Aranda (2012). La nomenclatura taxonómica se basó en Ceballos y Arroyo-Cabrales (2012). La identificación de especies se hizo con base a las guías de campo Reid, (2009) y Aranda (2012).

MUESTREO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA

HERPETOFAUNA

Los métodos que aquí se describen se aplican de manera general a estas dos clases de vertebrados, sin embargo, las variantes en los métodos que se utilizaron tienen que ver con los hábitos de vida de cada grupo y las características específicas del hábitat del predio del proyecto.

La mayoría de las especies de anfibios muestran actividad máxima después de la puesta del sol y su búsqueda durante las horas de luz resulta a menudo poco productiva. Al depender los anfibios de ambientes húmedos, muchas especies de ranas, sapos y salamandras viven asociados a cuerpos de agua, permanentes y temporales, donde pueden ser observados con mayor frecuencia (Gallina y López-González, 2011).

Por su parte, los reptiles tienen un mayor rango de actividad. La mayoría de las serpientes son de hábitos nocturnos, las iguanas y lagartijas prefieren horarios de actividad durante el día, sin embargo, todas las especies de este grupo pueden observarse en las horas luz debido a que son organismos ectotérmicos, y su temperatura corporal depende y varía con la del medio ambiente (Calderón-Mandujano *et al*., 2009).

Anfibios

Los recorridos se realizaron en los horarios crepusculares posterior a la puesta del sol entre las 19:00 y las 22:00 hrs (Casas-Andreu *et al*., 1991 y Gallina, *et al*., 2011), que corresponde a los horarios de mayor actividad para el grupo de anfibios. Se determinaron tres transectos con una longitud de 80 m lineales. La velocidad del recorrido se mantuvo constante de 30 min. Durante los recorridos se registraron los individuos observados y de ser posible sus vocalizaciones (registro auditivo de cantos para anuros).

Reptiles

El horario de muestreo para especies con actividad diurna, generalmente reptiles (iguanas y lagartijas), fue de 09:00 a 13:00 hrs. (Ramírez-Bautista, 1994; Uribe-Peña, *et al*., 1999). El horario para las especies con actividad nocturna se estableció a partir de las 18:00 a las 22:00 horas, este fue aplicado especialmente para serpientes (Ramírez-Bautista, 1994; Uribe-Peña *et al*., 1999).

Durante los recorridos los organismos se buscaron en los diferentes tipos de microhábitats; bajo rocas, sobre y bajo troncos, así como sobre las ramas de los árboles y entre los arbustos (Casas-Andreu *et al*., 1991), esto fue llevado a cabo en todo lo largo y ancho del transecto determinado, cabe señalar que al ir avanzando cada objeto movido fue nuevamente colocado en su lugar original, para evitar que los microhábitats no se alteren, y estos pudiesen ser revisados de nueva cuenta en los muestreos realizados posteriormente en el predio del proyecto.

El esfuerzo de muestreo se midió por unidad de superficie cubierta durante los recorridos (tres transectos de 80 m de longitud).

AVES

Los registros se realizaron de manera visual o auditiva considerando a todos los individuos. En total se establecieron tres transectos de 80 m de largo. De acuerdo a lo anterior se cubrió una distancia total de 240 metros lineales. Los recorridos iniciaron en las horas de mayor actividad de las aves (07:000 a 10:00 hrs y 17:000 a las 19:00 hrs).

Los registros fueron efectuados por biólogos con amplio conocimiento de la avifauna de la zona, para disminuir el sesgo en las detecciones por efecto del observador, un mismo observador se encargó siempre de realizar los mismos transectos a lo largo de todo el estudio. Para la observación de aves se utilizaron binoculares Vortex (8 X 42) y Bushnell (10 X 42).

La identificación de las especies fue por observación directa (visual) e indirecta (auditiva) y con ayuda de las guías de campo para especies residentes (Howell y Webb, 1995) para especies residentes y para especies migratorias (Nacional Geographic society, 1987 y Sibley, 2014). La nomenclatura empleada fue la establecida por CONABIO (2024). La vigencia de los nombres científicos de los organismos identificados se comprobó con el listado de la American Ornithological Society (2023).

MAMÍFEROS

Como se ha señalado de manera previa, la presencia de los mamíferos de talla mediana y grande se registró mediante métodos directos (observaciones) e indirectos por medio de rastros (huellas, excretas, pelos, comederos, rascaderos, madrigueras, nidos) siguiendo las recomendaciones hechas por Mandujano y Aranda (1993), Reid (2009) y Aranda (2012).

El esfuerzo de muestreo para el grupo de mamíferos medianos estuvo definido por los tres transectos recorridos con una longitud de 80 m. En total se recorrieron 240 metros lineales. Los recorridos se realizaron de día (07:000 a 11:00 hrs). La estimación de las abundancias se efectuó en base al número de registros obtenidos de manera visual, empleando el método de transecto descrito por Mandujano y Aranda (1993) y Aranda (2012). La nomenclatura taxonómica se basó en Ceballos y Arroyo-Cabrales (2012). La identificación de especies se hizo con base a las guías de campo Reid, (2009) y Aranda (2012).

MUESTREO EN EL POLÍGONO DEL PROYECTO

HERPETOFAUNA

Los métodos que aquí se describen se aplican de manera general a estas dos clases de vertebrados, sin embargo, las variantes en los métodos que se utilizaron tienen que ver con los hábitos de vida de cada grupo y las características específicas del hábitat del predio del proyecto.

La mayoría de las especies de anfibios muestran actividad máxima después de la puesta del sol y su búsqueda durante las horas de luz resulta a menudo poco productiva. Al depender los anfibios de ambientes húmedos, muchas especies de ranas, sapos y salamandras viven asociados a cuerpos de agua, permanentes y temporales, donde pueden ser observados con mayor frecuencia (Gallina y López-González, 2011).

Por su parte, los reptiles tienen un mayor rango de actividad. La mayoría de las serpientes son de hábitos nocturnos, las iguanas y lagartijas prefieren horarios de actividad durante el día, sin embargo, todas las especies de este grupo pueden observarse en las horas luz debido a que son organismos ectotérmicos, y su temperatura corporal depende y varía con la del medio ambiente (Calderón-Mandujano *et al*., 2009).

Anfibios

Los recorridos se realizaron en los horarios crepusculares posterior a la puesta del sol entre las 19:00 y las 22:00 hrs (Casas-Andreu *et al*., 1991 y Gallina, *et al*., 2011), que corresponde a los horarios de mayor actividad para el grupo de anfibios. Se determino un transecto con una longitud de 80 m lineales, el cual fue visitado tres veces en días diferentes. La velocidad del recorrido se mantuvo constante de 30 min. Durante los recorridos se registraron los individuos observados y de ser posible sus vocalizaciones (registro auditivo de cantos para anuros).

Reptiles

El horario de muestreo para especies con actividad diurna, generalmente reptiles (iguanas y lagartijas), fue de 09:00 a 13:00 hrs. (Ramírez-Bautista, 1994; Uribe-Peña, *et al*., 1999). El horario para las especies con actividad nocturna se estableció a partir de las 18:00 a las 22:00 horas, este fue aplicado especialmente para serpientes (Ramírez-Bautista, 1994; Uribe-Peña *et al*., 1999).

Durante los recorridos los organismos se buscaron en los diferentes tipos de microhábitats; bajo rocas, sobre y bajo troncos, así como sobre las ramas de los árboles y entre los arbustos (Casas-Andreu *et al*., 1991), esto fue llevado a cabo en todo lo largo y ancho del transecto determinado, cabe señalar que al ir avanzando cada objeto movido fue nuevamente colocado en su lugar original, para evitar que los microhábitats no se alteren, y estos pudiesen ser revisados de nueva cuenta en los muestreos realizados posteriormente en el predio del proyecto.

El esfuerzo de muestreo se midió por unidad de superficie cubierta durante los recorridos (un transecto de 80 m de longitud). Cabe señalar que dicho transecto fue visitado en tres ocasiones en diferentes fechas, para obtener un mejor resultado en cuanto al avistamiento de fauna.

AVES

Los registros se realizaron de manera visual o auditiva considerando a todos los individuos. En total se estableció un transecto de 80 m de largo. De acuerdo a lo anterior se cubrió una distancia total de 240 metros lineales, ya que este transecto fue visitado en tres ocasiones. Los recorridos iniciaron en las horas de mayor actividad de las aves (07:000 a 10:00 hrs y 17:000 a las 19:00 hrs).

Los registros fueron efectuados por biólogos con amplio conocimiento de la avifauna de la zona, para disminuir el sesgo en las detecciones por efecto del observador, un mismo observador se encargó siempre de realizar los mismos transectos a lo largo de todo el estudio. Para la observación de aves se utilizaron binoculares Vortex (8 X 42) y Bushnell (10 X 42).

La identificación de las especies fue por observación directa (visual) e indirecta (auditiva) y con ayuda de las guías de campo para especies residentes (Howell y Webb, 1995) para especies residentes y para especies migratorias (Nacional Geographic society, 1987 y Sibley, 2014). La nomenclatura empleada fue la establecida por CONABIO

(2024). La vigencia de los nombres científicos de los organismos identificados se comprobó con el listado de la American Ornithological Society (2023).

MAMÍFEROS

Como se ha señalado de manera previa, la presencia de los mamíferos de talla mediana y grande se registró mediante métodos directos (observaciones) e indirectos por medio de rastros (huellas, excretas, pelos, comederos, rascaderos, madrigueras, nidos) siguiendo las recomendaciones hechas por Mandujano y Aranda (1993), Reid (2009) y Aranda (2012).

El esfuerzo de muestreo para el grupo de mamíferos medianos estuvo definido por un transecto recorridos en tres ocasiones el cual tuvo una longitud de 80 m. En total se recorrieron 240 metros lineales, durante las tres visitas. Los recorridos se realizaron de día (07:000 a 11:00 hrs). La estimación de las abundancias se efectuó en base al número de registros obtenidos de manera visual, empleando el método de transecto descrito por Mandujano y Aranda (1993) y Aranda (2012). La nomenclatura taxonómica se basó en Ceballos y Arroyo-Cabrales (2012). La identificación de especies se hizo con base a las guías de campo Reid, (2009) y Aranda (2012).

ANÁLISIS DE DATOS

EFICIENCIA DEL MUESTREO

La forma más eficiente de evaluar si se obtuvo la mayoría de las especies de los grupos de fauna es por medio de curvas de acumulación de especies. La curva de acumulación de especies representara gráficamente la forma como las especies van apareciendo en las unidades de muestreo, o de acuerdo con el incremento en el número de individuos. Es útil al momento de tener un problema de submuestreo, pues los valores extrapolados o la riqueza esperada se puede utilizar como una medida de la diversidad alfa. Es por esto que, en una gráfica de curvas de acumulación, el eje Y es definido por el número de especies acumuladas y el eje X por el número de unidades de muestreo o el incremento del número de individuos. Cuando una curva de acumulación es asintótica indica que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de individuos censados, es decir, aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies, por lo que tenemos un buen muestreo (Villareal, H. M. *et al*., (2004).

Por lo que para el presente proyecto se utilizó el programa EstimateS 9.1.0 (Link de descarga: http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS), la cual es una herramienta muy útil para realizar curvas de acumulación y estimaciones de la riqueza esperada de acuerdo con modelos. El orden del esfuerzo de trabajo será aleatorizado 1,000 veces, para suavizar la curva y eliminar el sesgo del orden en el cual fueron capturadas las especies. Este programa toma los datos provenientes de sistema de muestreo estandarizado que utilizamos, aleatoriza toda la información y realiza cálculos del número de especies observado y esperado utilizando estimadores y considerando las desviaciones estándar provenientes de este mismo proceso de aleatorización.

Una vez procesados los datos del muestreo en este programa, se obtuvieron datos de número de especies observadas de acuerdo con el muestreo (Sest en el programa StimateS); número de especies representadas por uno o dos individuos (singletos, doubletons); número de especies representadas solo en una o dos muestras (uniques, duplicates); los valores esperados de la riqueza de los diferentes estimadores (ICE, ACE, CHAO 1 y 2, Jack 1 y 2,

Bootstrap, MMRuns, MMMean y Cole); y la desviación estándar (terminados en SD) de cada columna producto de la aleatorización (Villareal, H. M. *et al*., (2004).

Métodos no paramétricos utilizados para el presente proyecto

Los siguientes modelos se utilizan cuando no se asume una distribución estadística conocida o no se ajustan a ningún modelo determinado. Se emplean generalmente cuando no tenemos datos del número de individuos, ya que no hay manera de conocer cómo se comporta la distribución de individuos por especie (Villareal, H. M. *et al*., (2004).

- Chao 1 (Chao 1 Mean en el programa EstimateS)

Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons).

- Chao 2 (Chao 2 Mean en el programa EstimateS)

Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas (que sólo aparecen en una muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen compartidas en dos muestras).

- Jacknife (Jack 1 Mean en el programa EstimateS)

Estima el número de especies esperadas considerando el número de especies que solamente ocurren en una muestra o/además de las que ocurren solamente en dos muestras.

- Bootstrap (Bootstrap Mean en el programa EstimateS)

Estima la riqueza de especies a partir de la proporción de muestras que contienen a cada especie.

Diversidad verdadera (orden: 0, 1 y 2):

La diversidad alfa (α) se estimará para cada sitio, de acuerdo con la diversidad verdadera basada en el valor de q y de la riqueza de especies, donde q = 0 es la diversidad de orden cero (^{0}D), el cual no considera las abundancias relativas de las especies, por lo que simplemente es la riqueza de especies. Con q = 1 es el índice de diversidad del exponencial (^{1}D) del índice de entropía de Shannon, en la cual todas las especies se incluyen con un valor proporcionalmente según su abundancia en la comunidad. Para q = 2 el índice de diversidad (^{2}D) es el inverso del índice de Simpson, que calcula la diversidad de la comunidad, es decir no agrupa las muestras, sino son cálculos independientes de cada comunidad (Moreno, 2001; Jost, 2006; Jost y González-Ortega, 2012).

El índice de Shannon se calcula con la siguiente formula:

$$H'_{Shannon} = -\Sigma\, p_i \times \ln p_i$$

Donde pi representa la proporción individual que se encuentra en la i-ésima especie (Moreno, 2001; Magurran, 2004).

Para obtener el cálculo de diversidad verdadera de Shannon y Simpson se utilizaron las siguientes formulas (Jost y González-Ortega, 2012).

Exponencial de Shannon

$$^1D = \exp_x H'_{Shannon}$$

Inverso del índice de Simpson

$^2D= 1 / \Sigma p_i^2$

Índice de Equidad de Pielou (J)

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988). El índice de equidad se calcula de la siguiente manera:

$J'_{Pielou} = H'_{Shannon} / H'_{máx}$
Donde:
H'= Índice de diversidad de Shannon-Wiener
$H'_{máx}$ = Ln (S).
S= número de especies

Abundancia

Expresada como el número total de individuos de las diferentes especies encontradas en un área de muestreo determinada.

- **RESULTADOS DEL MUESTREO DE LA REGIÓN ECOLÓGICA**

Los resultados más importantes en cuanto a la composición, estructura y diversidad de la fauna silvestre observada en la Región Ecológica es el siguiente:

Con base a los muestreos realizados en el área del proyecto, los recorridos realizados en la Región Ecológica y a la bibliografía consultada, se pudo registrar un total de 49 especies de fauna terrestre. La riqueza específica registrada en la Región Ecológica se encuentra conformada por dos anfibios, seis especies de reptiles, cuatro mamíferos y el por último el grupo de las aves fue el que obtuvo la mayor riqueza con 37 especies registradas.

Tabla III.34. Listado general de fauna silvestre observada en la Región Ecológica.

No.	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
1	Bufonidae	*Incilius valliceps*	Sapo costero	
2	Bufonidae	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	
3	Gekkonidae	*Hemidactylus frenatus*	Chocán	
4	Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana rayada	A
5	Phrynosomatidae	*Sceloporus chrysostictus*	Merech	*
6	Phrynosomatidae	*Sceloporus cozumelae*	Lagartija escamosa de Cozumel	Pr*
7	Polychrotidae	*Anolis sagrei*	Lagartija café	
8	Boidae	*Boa imperator*	Boa	A
9	Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache, Zorro	
10	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris, Gato de monte	
11	Procyonidae	*Nasua narica*	Coatí, tejón	
12	Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache	
13	Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma ala blanca	R

No.	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
14	Columbidae	*Columbina talpacoti*	Tórtola rojiza	R
15	Cuculidae	*Coccyzus minor*	Cuclillo manglero	R
16	Caprimulgidae	*Nyctidromus albicollis*	Chotocabras pauraques	R
17	Apodidae	*Chaetura vauxi*	Vencejo de Vaux	R
18	Trochilidae	*Doricha eliza*	Colibrí cola hendida	P* - R
19	Trochilidae	*Chlorostilbon canivetii*	Esmeralda tijereta	R
20	Trochilidae	*Amazilia candida*	Colibrí candido	R
21	Trochilidae	*Amazilia rutila*	Colibrí canela	R
22	Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	R
23	Tyrannidae	*Myiarchus tuberculifer*	Papamoscas triste	R
24	Tyrannidae	*Myiarchus tyrannulus*	Papamoscas tirano	R
25	Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo	R
26	Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luis gregario	R
27	Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano tropical	R
28	Vireonidae	*Vireo pallens*	Vireo manglero	Pr - R
29	Corvidae	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara yucateca	* R
30	Hirundinidae	*Tachycineta albilinea*	Golondrina manglera	R
31	Troglodytidae	*Campylorhynchus yucatanicus*	Matraca yucateca	P* - R
32	Troglodytidae	*Pheugopedius maculipectus*	Albarradero moteado	R
33	Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita azulgris	R
34	Polioptilidae	*Polioptila albiventris*	Perlita yucateca	* R
35	Turdidae	*Turdus grayi*	Zorzal pardo	R
36	Mimidae	*Mimus gilvus*	Zenzontle tropical	R
37	Parulidae	*Parkesia noveboracensis*	Chipe charquero	M
38	Parulidae	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo	M
39	Parulidae	*Setophaga erithacorides*	Chipe de manglar	R
40	Parulidae	*Setophaga magnolia*	Chipe de magnolia	M
41	Parulidae	*Setophaga palmarum*	Chipe playero	M
42	Cardinalidae	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	R
43	Icteridae	*Agelaius phoeniceus*	Tordo sargento	R
44	Icteridae	*Dives dives*	Tordo cantor	R
45	Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	R
46	Icteridae	*Molothrus aeneus*	Tordo ojo rojo	R
47	Icteridae	*Icterus cucullatus*	Bolsero encapuchado	R
48	Icteridae	*Icterus auratus*	Bolsero yucateco	* R
49	Icteridae	*Icterus gularis*	Bolsero de Altamira	R

CAT= Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010; A = Amenazada; Pr = Protección especial; P = Peligro de extinción; (*) = Endemismo. Estacionalidad de las especies; R= Residentes; M= Migratorias.

ANFIBIOS

Los anfibios representan el eslabón entre la vida en el medio acuático y la adaptación a la vida terrestre; por lo que estos tienen requerimientos muy específicos para su sobrevivencia y reproducción. La mayoría de las especies pasan por fases larvarias acuáticas en las que se produce el intercambio gaseoso en branquias externas. La

metamorfosis a adultos, por lo general de forma terrestre, da lugar al desarrollo de los pulmones. Estos pulmones primitivos son relativamente ineficaces en comparación con los de otros vertebrados terrestres, de manera que la respiración se complementa con el intercambio de gases que se produce a través de la piel. La piel tiene una gran cantidad de glándulas que segregan una serie de productos que ayudan a mantener una superficie de intercambio suficientemente húmeda; sin embargo, los anfibios han restringido su hábitat a zonas y sitios húmedos, donde se observa la presencia de cuerpos de agua.

Es por esto por lo que para el presente estudio se registraron cinco ejemplares de dos especies de anfibios dentro de los transectos, de acuerdo con lo anterior la especie que obtuvo la mayor abundancia fue el sapo costero común (*I. valliceps*). Esta podría considerarse una baja riqueza; sin embargo, partir de la información disponible en artículos, reportes de investigación, trabajos de tesis y en los mapas de distribución que ofrecen los trabajos clásicos de Lee (1996; 2000) y Campbell (1998) sobre la herpetofauna de la Península de Yucatán, se ha podido reconocer para el estado de Yucatán un total de 18 especies de anfibios, representadas en 2 órdenes, 7 familias y 13 géneros. Por lo que los registros obtenidos en el presente estudio representan el 11% de dichas especies registradas para el Estado.

Tabla III.35. Riqueza y abundancia total de las especies de anfibios verificadas.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CAT	ABUNDANCIA
Incilius valliceps	Sapo común		3
Rhinella horribilis	Sapo gigante		2
TOTAL			**5**

En lo que respecta a las especies presentes en la NOM-059-SEMARNAT-2010, durante los muestreos no se registraron especies enlistadas dentro de esta norma, para este grupo.

Por otra parte, la máxima diversidad que puede alcanzar el grupo de los anfibios en nuestra área de estudio es de 0.6931, la $H'_{Shannon}$ fue de 0.6730, con lo cual se puede decir que de acuerdo a nuestros resultados se encuentra cerca de alcanzarse la máxima diversidad, esto influenciado por el índice de distribución J'_{Pielou}, ya que se obtuvo valores por encima de los 0.90, y con el cual también se puede decir que dentro de este grupo no hay especies dominantes.

Tabla III.36. Resumen de parámetros e indicadores de la riqueza y diversidad del grupo faunístico de los anfibios de la MC del proyecto.

ÍNDICE	VALOR
Riqueza	2
Abundancia	5
$H'_{Shannon}$	0.6730
EXP $H'_{Shannon}$	1.9601
INV $D'_{Simpson}$	1.9231
$H'_{MÁXIMA}$= Ln (S)	0.6931
J'_{Pielou}	0.9710

En cuanto a los índices de diversidad verdadera, para el exponencial de Shannon se obtuvo 1.9601, en el caso del inverso de Simpson se tuvo un valor de 1.9231. por lo que como se puede apreciar son valores similares cercanos a la riqueza de especies observada durante el presente muestreo (dos especies).

REPTILES

A partir de la información disponible y de los mapas de distribución que ofrecen los trabajos clásicos de Lee (1996; 2000) y Campbell (1998) sobre la herpetofauna de la Península de Yucatán, se reconoce que en el estado de Yucatán se distribuyen 87 especies: 2 de cocodrilos; 5 de tortugas marinas; 7 de tortugas terrestres o de agua dulce; 6 de gekkonidos; 20 de lagartijas; y 47 de serpientes.

De acuerdo con lo anterior y a los muestreos realizados, en la RE del proyecto se verificó la presencia de seis especies de reptiles dentro de los transectos previamente determinados, por lo que estos registros representan el 7% de las especies registradas para la región (Brito-Castillo, 1998; Lee, 2000; González-Escamilla, 2004; González-Martínez, 2006).

Tabla III.37. Riqueza y abundancia total de las especies de reptiles verificadas.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CAT	ABUNDANCIA
Hemidactylus frenatus	Chocán		1
Ctenosaura similis	Iguana rayada	A	2
Sceloporus chrysostictus	Merech		4
Sceloporus cozumelae	Lagartija escamosa de Cozumel	Pr*	2
Anolis sagrei	Lagartija café		2
Boa imperator	Boa	A	1
TOTAL			**12**

Durante todo el muestreo se registraron en total 12 individuos, donde las especies con mayor abundancia fue la lagartija espinosa de puntos amarillos (*S. chrysostictus*) con cuatro individuos observados.

En lo que respecta a las especies presentes en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se registraron tres especies, una catalogada bajo Protección Especial, la lagartija espinosa de Cozumel (*C. cozumelae*), así como dos especies catalogadas como Amenazadas, la iguana rayada (*C. similis*) y la mazacuata (*B. imperator*). Asimismo, fue registrada una especie endémica de la Península de Yucatán, la lagartija espinosa de Cozumel (*C. cozumelae*).

La máxima diversidad que puede alcanzar el grupo de los reptiles en nuestra área de estudio es de 1.7918, la $H'_{Shannon}$ fue de 1.6762, lo que nos indica que este grupo se encuentra cerca de alcanzar la máxima diversidad esperada, influenciado por una dominancia baja de especies como se puede apreciar de acuerdo con el índice de equidad J'_{Pielou}.

Tabla III.38. Resumen de parámetros e indicadores de la riqueza y diversidad del grupo faunístico de los reptiles en la Región Ecológica del proyecto.

ÍNDICE	VALOR
Riqueza	6
Abundancia	12
$H'_{Shannon}$	1.6762
EXP $H'_{Shannon}$	5.3454
INV $D'_{Simpson}$	4.8000
$H'_{MÁXIMA}$= Ln (S)	1.7918
J'_{Pielou}	0.9355

En cuanto a los índices de diversidad verdadera, para el exponencial de Shannon 5.3454, en el caso del inverso de Simpson se tuvo 4.8000. Como se puede apreciar son valores cercanos a la riqueza de especies obtenida durante el presente muestreo (seis especies). Todas estas especies son comunes en la Península de Yucatán, de amplia distribución y cuya adaptación a la perturbación en las selvas ha sido reportada (Lee, 2000; González-Escamilla, 2004; González-Martínez, 2006).

AVES

Se verificó la presencia de 37 especies que hacen uso directo de los fragmentos de vegetación presentes en la RE del proyecto. Esto representa el 8% de las especies registradas para el Estado de Yucatán (471 especies) y el 7% de especies de aves que han sido reportadas para la península con alrededor de 564 especies (Chable-Santos, 2009; Herrera-González, 2009; MacKinnon, 2017).

Tabla III.39. Riqueza y abundancia total de las especies de aves verificadas.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ESTATUS	TOTAL
Zenaida asiatica	Paloma ala blanca		10
Columbina talpacoti	Tórtola rojiza		7
Coccyzus minor	Cuclillo manglero		1
Nyctidromus albicollis	Chotocabras pauraques		1
Chaetura vauxi	Vencejo de Vaux		4
Doricha eliza	Colibrí cola hendida	P*	1
Chlorostilbon canivetii	Esmeralda tijereta		1
Amazilia candida	Colibrí candido		1
Amazilia rutila	Colibrí canela		3
Melanerpes aurifrons	Carpintero cheje		1
Myiarchus tuberculifer	Papamoscas triste		2
Myiarchus tyrannulus	Papamoscas tirano		1
Pitangus sulphuratus	Luis bienteveo		1
Myiozetetes similis	Luis gregario		2
Tyrannus melancholicus	Tirano tropical		2
Vireo pallens	Vireo manglero	Pr	2
Cyanocorax yucatanicus	Chara yucateca	*	7
Tachycineta albilinea	Golondrina manglera		2
Campylorhynchus yucatanicus	Matraca yucateca	P*	2
Pheugopedius maculipectus	Albarradero moteado		2
Polioptila caerulea	Perlita azulgris		5
Polioptila albiventris	Perlita yucateca	*	4
Turdus grayi	Zorzal pardo		2
Mimus gilvus	Zenzontle tropical		7
Parkesia noveboracensis	Chipe charquero		2
Setophaga petechia	Chipe amarillo		3
Setophaga erithacorides	Chipe de manglar		1
Setophaga magnolia	Chipe de magnolia		1
Setophaga palmarum	Chipe playero		2
Cardinalis cardinalis	Cardenal rojo		2
Agelaius phoeniceus	Tordo sargento		4

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ESTATUS	TOTAL
Dives dives	Tordo cantor		4
Quiscalus mexicanus	Zanate mexicano		9
Molothrus aeneus	Tordo ojo rojo		3
Icterus cucullatus	Bolsero encapuchado		2
Icterus auratus	Bolsero yucateco	*	1
Icterus gularis	Bolsero de Altamira		2
TOTAL			**107**

En total se contabilizaron 107 individuos de los cuales las especies de mayor abundancia fueron: la paloma ala blanca (*Z. asiática*), el zanate mexicano (*Q. mexicanus*), la chara yucateca (*C. yucatanicus*), la tortolita canela (*C. talpacoti*) y el centzontle tropical (*M. gilvus*).

En lo que respecta a las especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 se registraron tres especies, una catalogada bajo Protección Especial, el vireo manglero (*V. pallens*) y dos consideradas como en Peligro de Extinción, el colibrí cola hendida (*D. eliza*) y la matraca yucateca (*C. yucatanicus*).

Para el caso de las especies endémicas a la provincia biótica de la Península de Yucatán fueron registradas cinco especies, el colibrí cola hendida (*D. eliza*), la chara yucateca (*C. yucatanicus*), la calandria dorso naranja (*I. auratus*), la perlita yucateca (*P. albiventris*) y la Matraca yucateca (*C. yucatanicus*).

La máxima diversidad que puede alcanzar el grupo de las aves en la RE es de 3.6109, la $H'_{Shannon}$ fue de 3.3476 lo que nos indica que este grupo se encuentra cerca de alcanzar la máxima diversidad esperada, influenciado por una alta J'_{Pielou} (equidad) obteniendo 0.9271.

Tabla III.40. Resumen de parámetros e indicadores de la riqueza y diversidad del grupo faunístico de las aves de la Región Ecológica del proyecto.

ÍNDICE	VALOR
Riqueza	37
Abundancia	107
$H'_{Shannon}$	3.3476
EXP $H'_{Shannon}$	28.4337
INV $D'_{Simpson}$	22.5819
$H'_{MÁXIMA}$= Ln (S)	3.6109
J'_{Pielou}	0.9271

En cuanto a los índices de diversidad verdadera, para el exponencial de Shannon 28.4337. En el caso del inverso de Simpson se tuvo para un valor de 22.5819. Como se puede apreciar son valores similares cercanos a los valores obtenidos durante el presente muestreo.

Todas estas especies resultan ser muy comunes de las selvas tropicales de la Península de Yucatán (Howell y Web, 1995) y se han visto favorecidas por la presencia de las actividades agropecuarias y por la presencia de fragmentos con vegetación semiabierta y de sucesiones secundarias en etapas tempranas de recuperación como sucede en la Región Ecológica y en el predio del proyecto, y los cuales se ven favorecidos principalmente por áreas donde el

estrato arbustivo está bien representado o en zonas donde existen pastizales inducidos como en la zonas ganaderas y agrícolas (Howell y Webb, 1995).

MAMÍFEROS TERRESTRES

La lista sistemática de los mamíferos de Yucatán incluye 128 especies (99 terrestres y 29 marinos), comprendidas en 97 géneros (78 terrestres y 19 marinas), 37 familias (29 terrestres y 8 marinas). Los órdenes con mayor número de especies son Chiroptera (43), Cetácea (27) y Rodentia (19), que juntos representan el 69.5% de la mastofauna del estado (Sosa-Escalante, 2014).

De acuerdo con el muestreo realizado dentro de la RE del proyecto, se registraron tres especies, lo que de acuerdo con los expuesto en el párrafo anterior representa el 8% de los mamíferos reportados para el Estado de Yucatán, esto sin considerar especies marinas y a los órdenes Quiróptera y Rodentia, ya que para el presente estudio no fueron considerados.

Tabla III.41. Riqueza y abundancia total de las especies de mamíferos verificados.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CAT	ABUNDANCIA
Didelphis virginiana	Tlacuache		1
Urocyon cinereoargenteus	Zorrita gris		1
Procyon lotor	Mapache		2
TOTAL			**4**

Con base en la información de campo permiten indicar que el mapache (*P. lotor*) obtuvo las mayores abundancias. Ninguna de las especies registradas resulto ser endémica de la provincia biótica de la Península de Yucatán o se encuentra catalogada bajo algún estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

La máxima diversidad que puede alcanzar el grupo de mamíferos en nuestra área de estudio es de 1.0986, la $H'_{Shannon}$ fue de 1.0397, lo que nos indica que para ambos meses la riqueza se encuentra cerca de alcanzar la máxima diversidad esperada, influenciado por un alto índice de J'_{Pielou} (equidad) obteniendo 0.9464.

Tabla III.42. Resumen de parámetros e indicadores de la riqueza y diversidad del grupo faunístico de los mamíferos del polígono del proyecto.

ÍNDICE	VALOR
Riqueza	3
Abundancia	4
$H'_{Shannon}$	1.0397
EXP $H'_{Shannon}$	2.8284
INV $D'_{Simpson}$	2.6667
$H'_{MÁXIMA}$= Ln (S)	1.0986
J'_{Pielou}	0.9464

En cuanto a los índices de diversidad verdadera, para el exponencial de Shannon de 22.8284. En el caso del inverso de Simpson se tuvo 2.6667. Como se puede apreciar son valores similares cercanos a la riqueza de especies observada durante el presente muestreo.

EFICIENCIA DEL MUESTREO DE LA REGIÓN ECOLÓGICA DEL PROYECTO

HERPETOFAUNA

En el caso de la herpetofauna (anfibios y reptiles), durante el muestreo, la gráfica de acumulación de especies obtenida indicada de acuerdo con los índices no paramétricos que casi se alcanza la asíntota, lo cual demuestra que realizo un muestreo adecuado y suficiente para estos dos grupos de fauna.

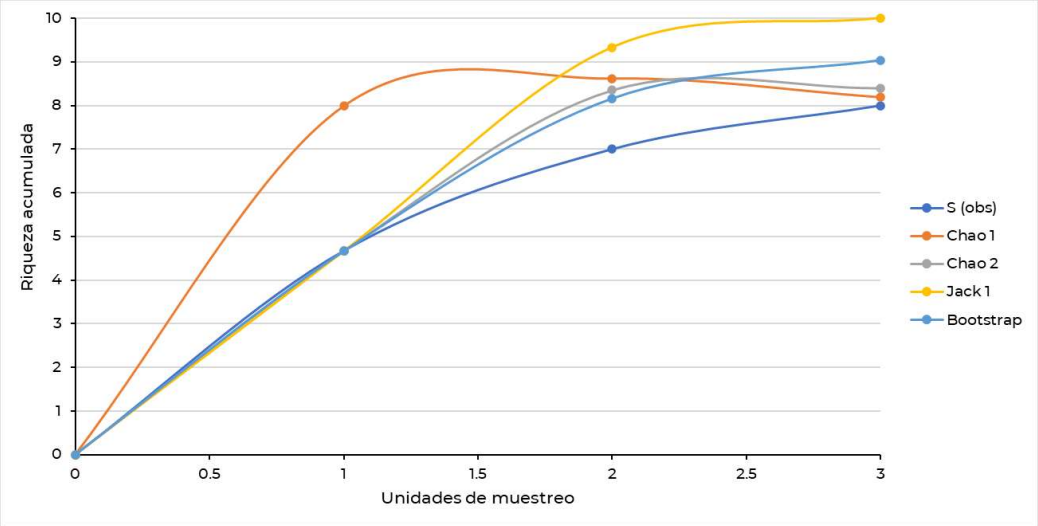


Figura III.45. Curva de acumulación para la herpetofauna durante los dos meses de muestreo en la Región Ecológica del proyecto.

Lo cual también se demuestra con el análisis de representatividad, donde de acuerdo a los estimadores se tuvo 90.35% de representatividad. El índice de riqueza de jacknife de primer orden fue el que mayor riqueza predijo (10.00), seguido de Bootstrap (9.04), mientras que Chao 1 y 2 predicen menos riqueza, tal y como se puede observar en la siguiente tabla. Sin embargo, en ambos casos, no hay una diferencia significativa y la representatividad de acuerdo a la riqueza observada (8 especies) se encuentra por arriba del 80% el cual es el valor teórico de eficiencia.

Tabla III.43. de riqueza y representatividad para la herpetofauna durante los dos meses de muestreo en la Región Ecológica.

S (obs)	**8**	**Representatividad %**
Estimadores	**Riqueza estimada**	
Chao 1	8.19	97.68%
Chao 2	8.40	95.24%
Jack 1	10.00	80.00%
Bootstrap	9.04	88.50%

AVES

En el caso de las aves, la gráfica de acumulación de especies obtenida para el muestreo indicada de acuerdo con los índices no paramétricos que se encuentra cerca de alcanzar la asíntota, lo cual demuestra que realizo un muestreo adecuado y suficiente para estos grupos de fauna.

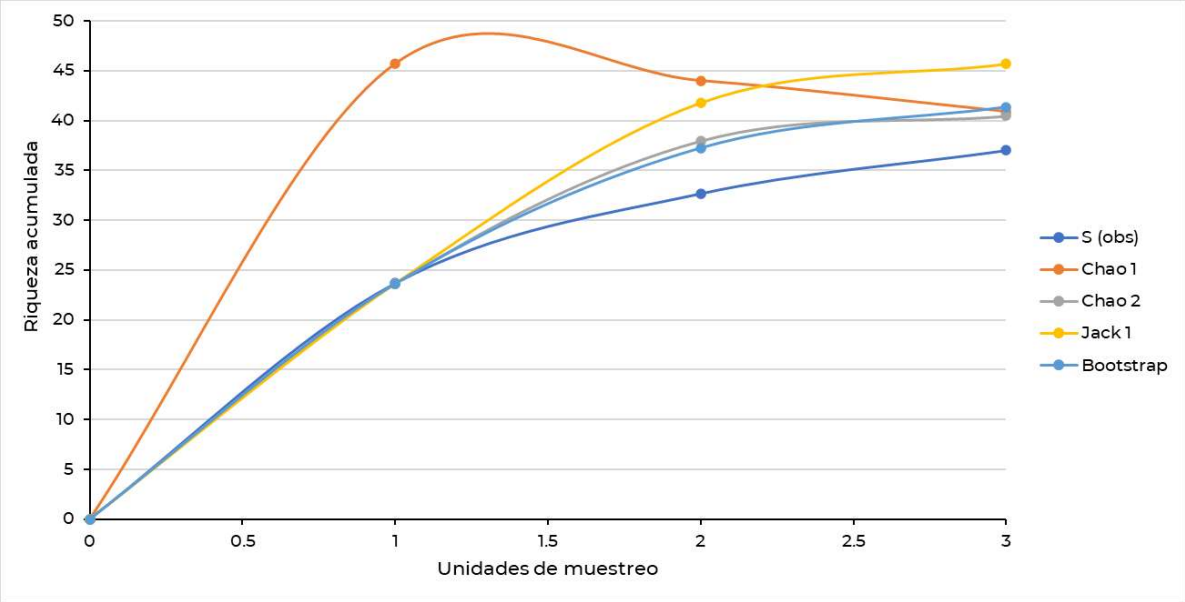


Figura III.46. Curva de acumulación para las aves durante los dos meses de muestreo.

Lo anterior también se demuestra con el análisis de representatividad, donde de acuerdo con los estimadores se tuvo 88.09% de representatividad. El índice de riqueza de jacknife de primer orden fue el que mayor riqueza predijo (45.67), seguido de Bootstrap con 41.37 individuos estimados. Sin embargo, en todos los casos, no hay una diferencia significativa y la representatividad de acuerdo con la riqueza observada (37 especies) se encuentra por arriba del 80% el cual es el valor teórico de eficiencia.

Tabla III.44. Estimadores de riqueza y representatividad para el grupo de las aves durante los dos meses de muestreo

S (obs)	**37**	**Representatividad %**
Estimadores	**Riqueza estimada**	
Chao 1	40.89	90.49%
Chao 2	40.47	91.43%
Jack 1	45.67	81.02%
Bootstrap	41.37	89.44%

MAMÍFEROS

En el caso de los mamíferos, la gráfica de acumulación de especies obtenida para el muestreo indicada de acuerdo con los índices no paramétricos no se alcanza una asíntota. Sin embargo, de acuerdo a los estimadores se demuestra que se realizó un muestreo adecuado y suficiente.

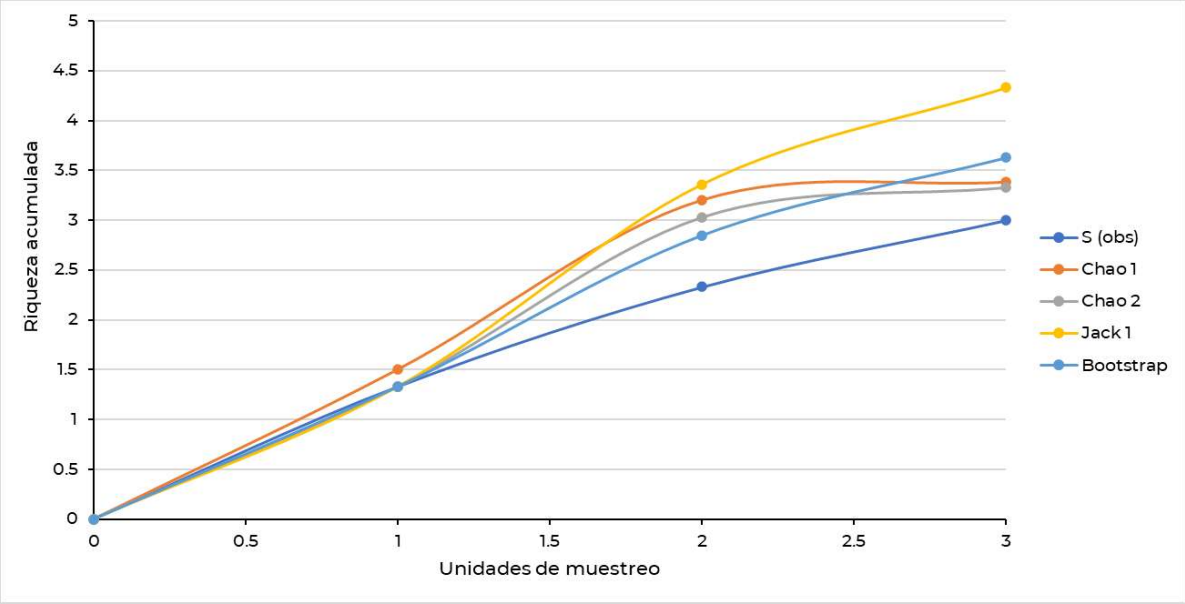


Figura III.47. Curva de acumulación para los mamíferos durante los dos meses de muestreo en la Región Ecológica del proyecto.

Esto se puede ser demostrado con el análisis de representatividad, donde de acuerdo con los estimadores se tuvo 82.69% de representatividad. El índice de riqueza de Jack 1 fue el que mayor riqueza predijo (4.33). Sin embargo, en todos los casos, no hay una diferencia significativa y la representatividad de acuerdo con la riqueza observada (3 especies) ya que se encuentra por arriba del 80% el cual es el valor teórico de eficiencia.

Tabla III.45. Estimadores de riqueza y representatividad para los mamíferos durante las etapas de muestreo.

S (obs)	**3**	**Representatividad %**
Estimadores	**Riqueza estimada**	
Chao 1	3.38	88.76%
Chao 2	3.33	90.09%
Jack 1	4.33	69.28%
Bootstrap	3.63	82.64%

- **RESULTADOS DEL MUESTREO DEL ÁREA DE INFLUENCIA**

Los resultados más importantes en cuanto a la composición, estructura y diversidad de la fauna silvestre observada es el siguiente:

Con base a los muestreos realizados, se pudo registrar un total de 25 especies de fauna terrestre. La riqueza específica registrada se encuentra conformada por cinco especies de reptiles y 20 especies del grupo de las aves. Cabe señalar que, dado que en el área de influencia del proyecto se observan desarrollos inmobiliarios, así como que esta ya es una zona urbanizada, no se pudo registrar ejemplares de mamíferos, ya que estos como es bien sabido por lo general evaden muchas veces las áreas con presencia humana.

Tabla III.46. Listado general de fauna silvestre observada en el Área de Influencia.

No.	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
1	Gekkonidae	*Hemidactylus frenatus*	Chocán	
2	Iguanidae	*Ctenosaura similis*	Iguana rayada	A
3	Phrynosomatidae	*Sceloporus chrysostictus*	Merech	
4	Phrynosomatidae	*Sceloporus cozumelae*	Lagartija escamosa de Cozumel	Pr*
5	Polychrotidae	*Anolis sagrei*	Lagartija café	
6	Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma ala blanca	
7	Columbidae	*Columbina talpacoti*	Tórtola rojiza	
8	Trochilidae	*Amazilia candida*	Colibrí candido	
9	Trochilidae	*Amazilia rutila*	Colibrí canela	
10	Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo	
11	Tyrannidae	*Myiozetetes similis*	Luis gregario	
12	Vireonidae	*Vireo pallens*	Vireo manglero	Pr
13	Troglodytidae	*Campylorhynchus yucatanicus*	Matraca yucateca	P*
14	Troglodytidae	*Pheugopedius maculipectus*	Albarradero moteado	
15	Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita azulgris	
16	Polioptilidae	*Polioptila albiventris*	Perlita yucateca	*
17	Mimidae	*Mimus gilvus*	Zenzontle tropical	
18	Parulidae	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo	
19	Parulidae	*Setophaga erithacorides*	Chipe de manglar	
20	Parulidae	*Setophaga magnolia*	Chipe de magnolia	
21	Parulidae	*Setophaga palmarum*	Chipe playero	
22	Icteridae	*Dives dives*	Tordo cantor	
23	Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	
24	Icteridae	*Icterus cucullatus*	Bolsero encapuchado	
25	Icteridae	*Icterus gularis*	Bolsero de Altamira	

CAT= Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010; A = Amenazada; Pr = Protección especial; P = Peligro de extinción; (*) = Endemismo. Estacionalidad de las especies; R= Residentes; M= Migratorias.

ANFIBIOS

Los anfibios representan el eslabón entre la vida en el medio acuático y la adaptación a la vida terrestre; por lo que estos tienen requerimientos muy específicos para su sobrevivencia y reproducción. La mayoría de las especies pasan por fases larvarias acuáticas en las que se produce el intercambio gaseoso en branquias externas. La metamorfosis a adultos, por lo general de forma terrestre, da lugar al desarrollo de los pulmones. Estos pulmones primitivos son relativamente ineficaces en comparación con los de otros vertebrados terrestres, de manera que la respiración se complementa con el intercambio de gases que se produce a través de la piel. La piel tiene una gran cantidad de glándulas que segregan una serie de productos que ayudan a mantener una superficie de intercambio suficientemente húmeda; sin embargo, los anfibios han restringido su hábitat a zonas y sitios húmedos, donde se observa la presencia de cuerpos de agua.

Es por esto por lo que para el presente estudio no se registraron ejemplares de este grupo en el área de influencia del proyecto.

REPTILES

A partir de la información disponible y de los mapas de distribución que ofrecen los trabajos clásicos de Lee (1996; 2000) y Campbell (1998) sobre la herpetofauna de la Península de Yucatán, se reconoce que en el estado de Yucatán se distribuyen 87 especies: 2 de cocodrilos; 5 de tortugas marinas; 7 de tortugas terrestres o de agua dulce; 6 de gekkonidos; 20 de lagartijas; y 47 de serpientes.

De acuerdo con lo anterior y a los muestreos realizados, en el AI del proyecto se verificó la presencia de cinco especies de reptiles dentro de los transectos previamente determinados, por lo que estos registros representan el 6% de las especies registradas para la región (Brito-Castillo, 1998; Lee, 2000; González-Escamilla, 2004; González-Martínez, 2006), así como el 83% de las especies registradas en la RE (seis especies).

Tabla III.47. Riqueza y abundancia total de las especies de reptiles verificadas.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CAT	ABUNDANCIA
Hemidactylus frenatus	Chocán		1
Ctenosaura similis	Iguana rayada	A	1
Sceloporus chrysostictus	Merech		3
Sceloporus cozumelae	Lagartija escamosa de Cozumel	Pr*	2
Anolis sagrei	Lagartija café		1
TOTAL			**8**

Durante todo el muestreo se registraron en total ocho individuos, donde las especies con mayor abundancia fue la lagartija espinosa de puntos amarillos (*S. chrysostictus*) con tres individuos observados.

En lo que respecta a las especies presentes en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se registró únicamente una especie catalogada bajo Protección Especial, la lagartija espinosa de Cozumel (*C. cozumelae*), asimismo, esta misma especie es endémica de la Península de Yucatán.

La máxima diversidad que puede alcanzar el grupo de los reptiles en nuestra área de estudio es de 1.6094, la $H'_{Shannon}$ fue de 1.4942, lo que nos indica que este grupo se encuentra cerca de alcanzar la máxima diversidad esperada, influenciado por una dominancia baja de especies como se puede apreciar de acuerdo con el índice de equidad J'_{Pielou}.

Tabla III.48. Resumen de parámetros e indicadores de la riqueza y diversidad del grupo faunístico de los reptiles en la Región Ecológica del proyecto.

ÍNDICE	VALOR
Riqueza	5
Abundancia	8
$H'_{Shannon}$	1.4942
EXP $H'_{Shannon}$	4.4557
INV $D'_{Simpson}$	4.0000
$H'_{MÁXIMA}$= Ln (S)	1.6094
J'_{Pielou}	0.9284

En cuanto a los índices de diversidad verdadera, para el exponencial de Shannon 4.4557, en el caso del inverso de Simpson se tuvo 4.0000. Como se puede apreciar son valores cercanos a la riqueza de especies obtenida durante el presente muestreo (cinco especies). Todas estas especies son comunes en la Península de Yucatán, de amplia distribución y cuya adaptación a la perturbación en las selvas ha sido reportada (Lee, 2000; González-Escamilla, 2004; González-Martínez, 2006).

AVES

Se verificó la presencia de 20 especies que hacen uso directo de los fragmentos de vegetación presentes en el AI del proyecto. Esto representa el 4% de las especies registradas para el Estado de Yucatán (471 especies) y el 4% de especies de aves que han sido reportadas para la península con alrededor de 564 especies (Chable-Santos, 2009; Herrera-González, 2009; MacKinnon, 2017), así como también el 54% de las especies registradas mediante el muestreo realizado en la RE (37 especies).

Tabla III.49. Riqueza y abundancia total de las especies de aves verificadas.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CAT	TOTAL
Zenaida asiatica	Paloma ala blanca		6
Columbina talpacoti	Tórtola rojiza		5
Amazilia candida	Colibrí candido		1
Amazilia rutila	Colibrí canela		3
Pitangus sulphuratus	Luis bienteveo		1
Myiozetetes similis	Luis gregario		2
Vireo pallens	Vireo manglero	Pr	2
Campylorhynchus yucatanicus	Matraca yucateca	P*	1
Pheugopedius maculipectus	Albarradero moteado		2
Polioptila caerulea	Perlita azulgris		2
Polioptila albiventris	Perlita yucateca	*	3
Mimus gilvus	Zenzontle tropical		7
Setophaga petechia	Chipe amarillo		3
Setophaga erithacorides	Chipe de manglar		1
Setophaga magnolia	Chipe de magnolia		1
Setophaga palmarum	Chipe playero		2
Dives dives	Tordo cantor		4
Quiscalus mexicanus	Zanate mexicano		7
Icterus cucullatus	Bolsero encapuchado		2
Icterus gularis	Bolsero de Altamira		2
TOTAL			**57**

En total se contabilizaron 57 individuos de los cuales las especies de mayor abundancia fueron: el centzontle tropical (*M. gilvus*), el zanate mexicano (*Q. mexicanus*), la paloma ala blanca (*Z. asiática*) y la tortolita canela (*C. talpacoti*).

En lo que respecta a las especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 se registraron únicamente dos especies, una catalogada bajo Protección Especial, el vireo manglero (*V. pallens*) y una considerada como en Peligro de Extinción, la matraca yucateca (*C. yucatanicus*).

Para el caso de las especies endémicas a la provincia biótica de la Península de Yucatán fueron registradas dos especies, la perlita yucateca (*P. albiventris*) y la matraca yucateca (*C. yucatanicus*).

La máxima diversidad que puede alcanzar el grupo de las aves en el AI es de 2.9957, la $H'_{Shannon}$ fue de 2.7943 lo que nos indica que este grupo se encuentra cerca de alcanzar la máxima diversidad esperada, influenciado por una alta J'_{Pielou} (equidad) obteniendo 0.9328.

Tabla III.50. Resumen de parámetros e indicadores de la riqueza y diversidad del grupo faunístico de las aves de la Región Ecológica del proyecto.

ÍNDICE	VALOR
Riqueza	20
Abundancia	57
$H'_{Shannon}$	2.7943
EXP $H'_{Shannon}$	16.3516
INV $D'_{Simpson}$	13.8255
$H'_{MÁXIMA}$= Ln (S)	2.9957
J'_{Pielou}	0.9328

En cuanto a los índices de diversidad verdadera, para el exponencial de Shannon 16.3516. En el caso del inverso de Simpson se tuvo para un valor de 13.8255. Como se puede apreciar son valores similares cercanos a los valores obtenidos durante el presente muestreo.

Todas estas especies resultan ser muy comunes de las selvas tropicales de la Península de Yucatán (Howell y Web, 1995) y se han visto favorecidas por la presencia de las actividades agropecuarias y por la presencia de fragmentos con vegetación semiabierta y de sucesiones secundarias en etapas tempranas de recuperación como sucede en la Región Ecológica y en el predio del proyecto, y los cuales se ven favorecidos principalmente por áreas donde el estrato arbustivo está bien representado o en zonas donde existen pastizales inducidos como en la zonas ganaderas y agrícolas (Howell y Webb, 1995).

MAMÍFEROS TERRESTRES

Dentro de nuestros transectos no fue posible observar algún ejemplar de este grupo por lo que no fue posible realizar los análisis estadísticos pertinentes. Sin embargo, no se descarta la presencia de especies de este grupo dentro del polígono del proyecto, ya que, de acuerdo a entrevistas con los pobladores en las áreas de influencia directa de esta, se han observado especies de este grupo. Es por esto que el presente estudio considera un programa de rescate y reubicación de las diferentes especies de fauna que pudiesen encontrarse durante las etapas del proyecto.

EFICIENCIA DEL MUESTREO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

HERPETOFAUNA

En el caso de la herpetofauna (reptiles), la gráfica de acumulación de especies obtenida para el muestreo indicada de acuerdo con los índices no paramétricos aún no se alcanza la asíntota. Sin embargo, de acuerdo a los índices se demuestra que realizo un muestreo adecuado y suficiente para estos dos grupos de fauna.

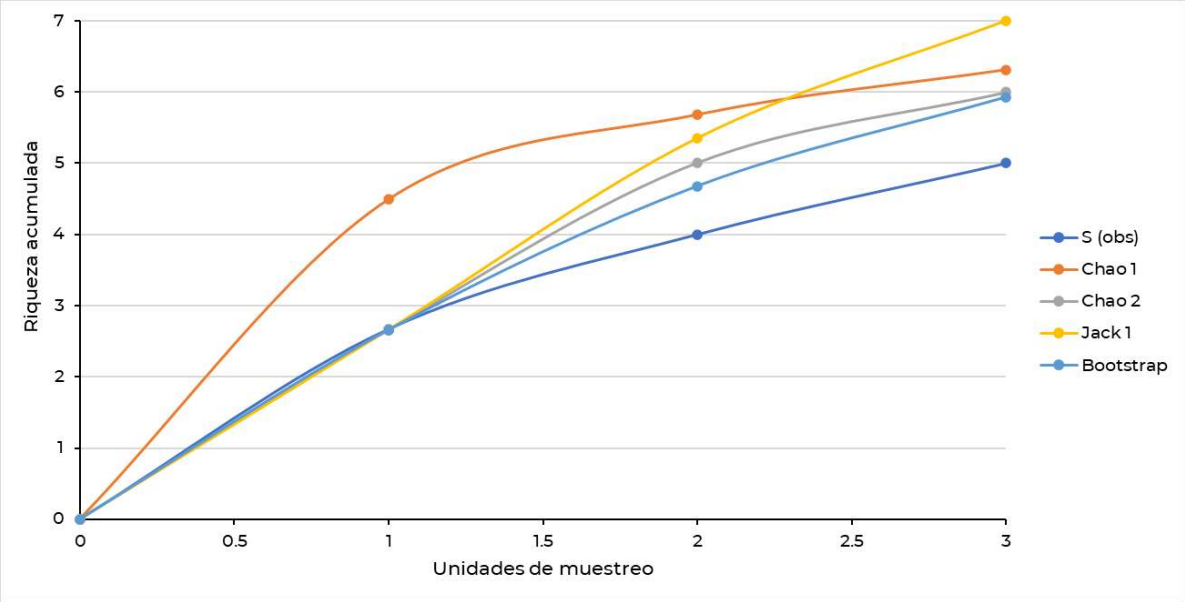


Figura III.48. Curva de acumulación para la herpetofauna durante los dos meses de muestreo en la Región Ecológica del proyecto.

Lo cual también se demuestra con el análisis de representatividad, donde de acuerdo a los estimadores se tuvo 79.58% de representatividad. El índice de riqueza de jacknife de primer orden fue el que mayor riqueza predijo (7.00), seguido de Chao 1 y 2 predicen 6.31 y 6.00 especies respectivamente, tal y como se puede observar en la siguiente tabla. Sin embargo, en ambos casos, no hay una diferencia significativa y la representatividad de acuerdo a la riqueza observada (5 especies) se encuentra en el 80% el cual es el valor teórico de eficiencia.

Tabla III.51. de riqueza y representatividad para la herpetofauna durante los dos meses de muestreo en la Región Ecológica.

S (obs)	**5**	**Representatividad %**
Estimadores	**Riqueza estimada**	
Chao 1	6.31	79.24%
Chao 2	6.00	83.33%
Jack 1	7.00	71.43%
Bootstrap	5.93	84.32%

AVES

En el caso de las aves, la gráfica de acumulación de especies obtenida para el muestreo indicada de acuerdo con los índices no paramétricos que se encuentra cerca de alcanzar la asíntota, lo cual demuestra que realizo un muestreo adecuado y suficiente para estos grupos de fauna.

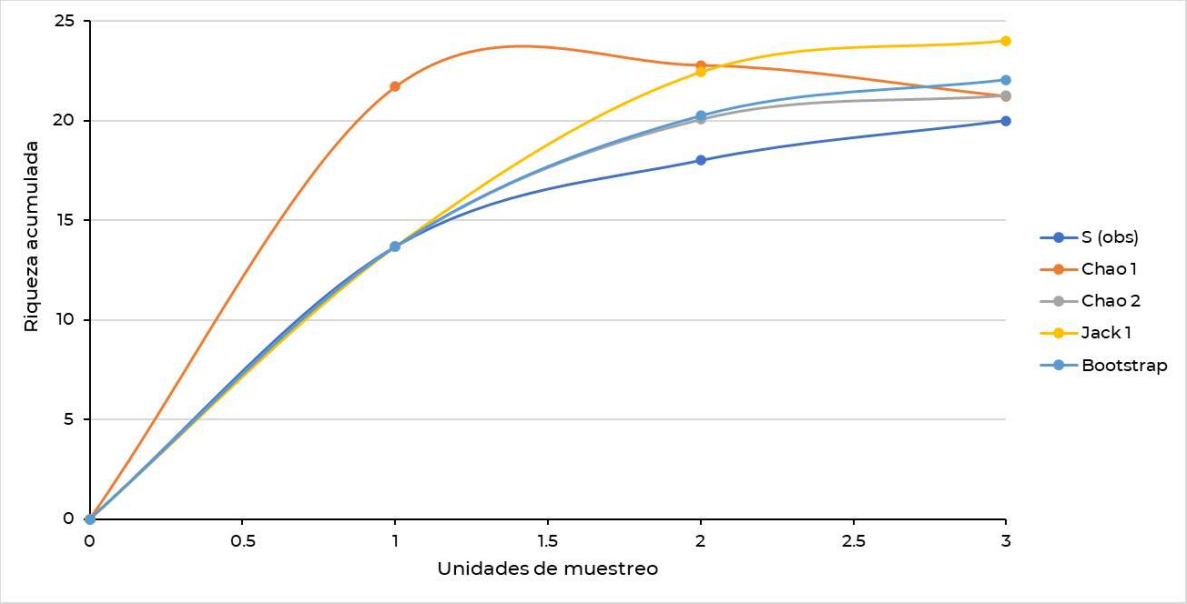


Figura III.49. Curva de acumulación para las aves durante los dos meses de muestreo.

Lo anterior también se demuestra con el análisis de representatividad, donde de acuerdo con los estimadores se tuvo 90.60% de representatividad. El índice de riqueza de jacknife de primer orden fue el que mayor riqueza predijo (24), seguido de Bootstrap con 22.04 individuos estimados. Sin embargo, en todos los casos, no hay una diferencia significativa y la representatividad de acuerdo con la riqueza observada (20 especies) se encuentra por arriba del 80% el cual es el valor teórico de eficiencia.

Tabla III.52. Estimadores de riqueza y representatividad para el grupo de las aves durante los dos meses de muestreo

S (obs)	**20**	**Representatividad %**
Estimadores	**Riqueza estimada**	
Chao 1	21.23	94.21%
Chao 2	21.25	94.12%
Jack 1	24.00	83.33%
Bootstrap	22.04	90.74%

- **RESULTADOS DEL MUESTREO DENTRO DEL POLÍGONO DEL PROYECTO**

Los resultados más importantes en cuanto a la composición, estructura y diversidad de la fauna silvestre observada es el siguiente:

Con base a los muestreos realizados, se pudo registrar un total de 25 especies de fauna terrestre. La riqueza específica registrada se encuentra conformada por cinco especies de reptiles y 20 especies del grupo de las aves. Cabe señalar que, dado que en el área de influencia del proyecto se observan desarrollos inmobiliarios, así como que esta ya es una zona urbanizada, no se pudo registrar ejemplares de mamíferos, ya que estos como es bien sabido por lo general evaden muchas veces las áreas con presencia humana.

Tabla III.53. Listado general de fauna silvestre observada en la Región Ecológica.

No.	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ESTATUS
1	Phrynosomatidae	*Sceloporus chrysostictus*	Merech	
1	Polychrotidae	*Anolis sagrei*	Lagartija café	
3	Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma ala blanca	
4	Columbidae	*Columbina talpacoti*	Tórtola rojiza	
5	Trochilidae	*Amazilia rutila*	Colibrí canela	
6	Polioptilidae	*Polioptila albiventris*	Perlita yucateca	*
7	Mimidae	*Mimus gilvus*	Zenzontle tropical	
8	Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	
9	Icteridae	*Icterus cucullatus*	Bolsero encapuchado	

CAT= Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010; A = Amenazada; Pr = Protección especial; P = Peligro de extinción; (*) = Endemismo. Estacionalidad de las especies; R= Residentes; M= Migratorias.

ANFIBIOS

Los anfibios representan el eslabón entre la vida en el medio acuático y la adaptación a la vida terrestre; por lo que estos tienen requerimientos muy específicos para su sobrevivencia y reproducción. La mayoría de las especies pasan por fases larvarias acuáticas en las que se produce el intercambio gaseoso en branquias externas. La metamorfosis a adultos, por lo general de forma terrestre, da lugar al desarrollo de los pulmones. Estos pulmones primitivos son relativamente ineficaces en comparación con los de otros vertebrados terrestres, de manera que la respiración se complementa con el intercambio de gases que se produce a través de la piel. La piel tiene una gran cantidad de glándulas que segregan una serie de productos que ayudan a mantener una superficie de intercambio suficientemente húmeda; sin embargo, los anfibios han restringido su hábitat a zonas y sitios húmedos, donde se observa la presencia de cuerpos de agua. Es por esto por lo que para el presente estudio dentro del polígono del proyecto no se registraron especies de este grupo.

REPTILES

A partir de la información disponible y de los mapas de distribución que ofrecen los trabajos clásicos de Lee (1996; 2000) y Campbell (1998) sobre la herpetofauna de la Península de Yucatán, se reconoce que en el estado de Yucatán se distribuyen 87 especies: 2 de cocodrilos; 5 de tortugas marinas; 7 de tortugas terrestres o de agua dulce; 6 de gekkonidos; 20 de lagartijas; y 47 de serpientes.

De acuerdo con lo anterior y a los muestreos realizados, en el polígono del proyecto se verificó la presencia de dos especies de reptiles dentro del transecto previamente determinado, por lo que estos registros representan el 2% de las especies registradas para la región (Brito-Castillo, 1998; Lee, 2000; González-Escamilla, 2004; González-Martínez, 2006), así como el 33% de las especies registradas en la RE y el 40% de las especies registradas en el área de influencia del proyecto.

Tabla III.54. Riqueza y abundancia total de las especies de reptiles verificadas.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CAT	ABUNDANCIA
Sceloporus chrysostictus	Merech		2
Anolis sagrei	Lagartija café		1
TOTAL			**3**

Durante todo el muestreo se registraron en total tres individuos, donde las especies con mayor abundancia fue la lagartija espinosa de puntos amarillos (*S. chrysostictus*) con dos individuos observados.

En lo que respecta a las especies presentes en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y endémicas de la región, dentro del polígono del proyecto no se registró alguna catalogada bajo estas categorías.

La máxima diversidad que puede alcanzar el grupo de los reptiles en nuestra área de estudio es de 0.6931, la $H'_{Shannon}$ fue de 0.6365, lo que nos indica que este grupo se encuentra cerca de alcanzar la máxima diversidad esperada, influenciado por una dominancia baja de especies como se puede apreciar de acuerdo con el índice de equidad J'_{Pielou}.

Tabla III.55. Resumen de parámetros e indicadores de la riqueza y diversidad del grupo faunístico de los reptiles en la Región Ecológica del proyecto.

ÍNDICE	VALOR
Riqueza	2
Abundancia	3
$H'_{Shannon}$	0.6365
EXP $H'_{Shannon}$	1.8899
INV $D'_{Simpson}$	1.8000
$H'_{MÁXIMA}$= Ln (S)	0.6931
J'_{Pielou}	0.9183

En cuanto a los índices de diversidad verdadera, para el exponencial de Shannon 1.8899, en el caso del inverso de Simpson se tuvo 1.8000. Como se puede apreciar son valores cercanos a la riqueza de especies obtenida durante el presente muestreo (dos especies). Todas estas especies son comunes en la Península de Yucatán, de amplia distribución y cuya adaptación a la perturbación en las selvas ha sido reportada (Lee, 2000; González-Escamilla, 2004; González-Martínez, 2006).

AVES

Se verificó la presencia de siete especies que hacen uso directo de los fragmentos de vegetación presentes en la RE del proyecto. Esto representa el 1% de las especies registradas para el Estado de Yucatán (471 especies) y el 1% de especies de aves que han sido reportadas para la península con alrededor de 564 especies (Chable-Santos, 2009; Herrera-González, 2009; MacKinnon, 2017), asi como el 19% de las especies registradas en la RE y el 35% de las especies registradas en al AI.

Tabla III.56. Riqueza y abundancia total de las especies de aves verificadas.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CAT	TOTAL
Zenaida asiatica	Paloma ala blanca	R	2
Columbina talpacoti	Tórtola rojiza	R	3
Amazilia rutila	Colibrí canela	R	2
Polioptila albiventris	Perlita yucateca	* R	1
Mimus gilvus	Cenzontle tropical	R	5
Quiscalus mexicanus	Zanate mexicano	R	2
Icterus cucullatus	Bolsero encapuchado	R	1

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CAT	TOTAL
TOTAL			16

En total se contabilizaron 16 individuos de los cuales las especies de mayor abundancia fueron: el centzontle tropical (*M. gilvus*) y la tortolita canela (*C. talpacoti*)

En lo que respecta a las especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 no se registraron especies. Para el caso de las especies endémicas a la provincia biótica de la Península de Yucatán fue registrada únicamente una especie, la perlita yucateca (*P. albiventris*).

La máxima diversidad que puede alcanzar el grupo de las aves en el predio es de 1.9459, la $H'_{Shannon}$ fue de 1.8037 lo que nos indica que este grupo se encuentra cerca de alcanzar la máxima diversidad esperada, influenciado por una alta J'_{Pielou} (equidad) obteniendo 0.9269.

Tabla III.57. Resumen de parámetros e indicadores de la riqueza y diversidad del grupo faunístico de las aves de la Región Ecológica del proyecto.

ÍNDICE	VALOR
Riqueza	7
Abundancia	16
$H'_{Shannon}$	1.8037
EXP $H'_{Shannon}$	6.0722
INV $D'_{Simpson}$	5.3333
$H'_{MÁXIMA}$= Ln (S)	1.9459
J'_{Pielou}	0.9269

En cuanto a los índices de diversidad verdadera, para el exponencial de Shannon 6.0722. En el caso del inverso de Simpson se tuvo para un valor de 5.3333. Como se puede apreciar son valores similares cercanos a los valores obtenidos durante el presente muestreo.

Todas estas especies resultan ser muy comunes de las selvas tropicales de la Península de Yucatán (Howell y Web, 1995) y se han visto favorecidas por la presencia de las actividades agropecuarias y por la presencia de fragmentos con vegetación semiabierta y de sucesiones secundarias en etapas tempranas de recuperación como sucede en la Región Ecológica y en el predio del proyecto, y los cuales se ven favorecidos principalmente por áreas donde el estrato arbustivo está bien representado o en zonas donde existen pastizales inducidos como en la zonas ganaderas y agrícolas (Howell y Webb, 1995).

MAMÍFEROS TERRESTRES

Dentro de nuestro transecto en banda no fue posible observar algún ejemplar de este grupo por lo que no fue posible realizar los análisis estadísticos pertinentes. Sin embargo, no se descarta la presencia de especies de este grupo dentro del polígono del proyecto, ya que, de acuerdo a entrevistas con los pobladores en las áreas de influencia directa de esta, se han observado especies de este grupo. Es por esto que el presente estudio considera un programa de rescate y reubicación de las diferentes especies de fauna que pudiesen encontrarse durante las etapas del proyecto.

EFICIENCIA DEL MUESTREO DEL PREDIO DEL PROYECTO

HERPETOFAUNA

En el caso de la herpetofauna (reptiles), la gráfica de acumulación de especies obtenida para el muestreo indicada de acuerdo con los índices no paramétricos que casi se alcanza la asíntota, lo cual demuestra que realizo un muestreo adecuado y suficiente para estos dos grupos de fauna.

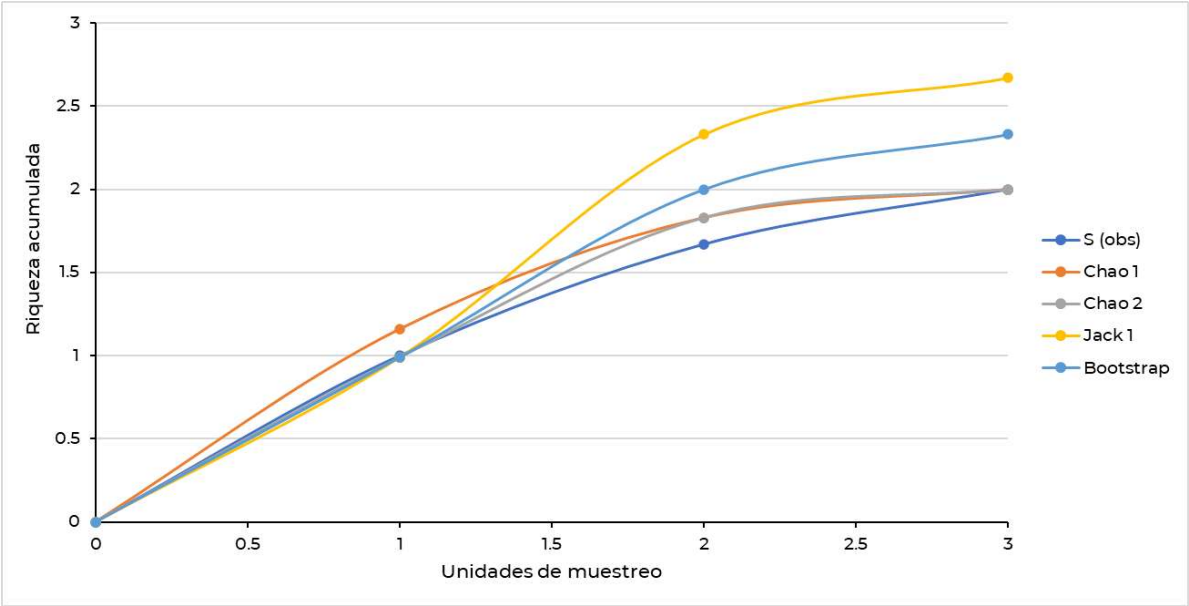


Figura III.50. Curva de acumulación para la herpetofauna durante los dos meses de muestreo en la Región Ecológica del proyecto.

Lo cual también se demuestra con el análisis de representatividad, donde de acuerdo a los estimadores se tuvo 90.19% de representatividad. El índice de riqueza de jacknife de primer orden fue el que mayor riqueza predijo (2.67), seguido de Bootstrap (2.33), mientras que Chao 1 y 2 predicen menos riqueza, tal y como se puede observar en la siguiente tabla. Sin embargo, en ambos casos, no hay una diferencia significativa y la representatividad de acuerdo a la riqueza observada (2 especies) se encuentra por arriba del 80% el cual es el valor teórico de eficiencia.

Tabla III.58. de riqueza y representatividad para la herpetofauna durante los dos meses de muestreo en la Región Ecológica.

S (obs)	**2**	**Representatividad %**
Estimadores	**Riqueza estimada**	
Chao 1	2.00	100.00%
Chao 2	2.00	100.00%
Jack 1	2.67	74.91%
Bootstrap	2.33	85.84%

AVES

En el caso de las aves, la gráfica de acumulación de especies obtenida para el muestreo indicada de acuerdo con los índices no paramétricos que se encuentra cerca de alcanzar la asíntota, lo cual demuestra que realizo un muestreo adecuado y suficiente para estos grupos de fauna.

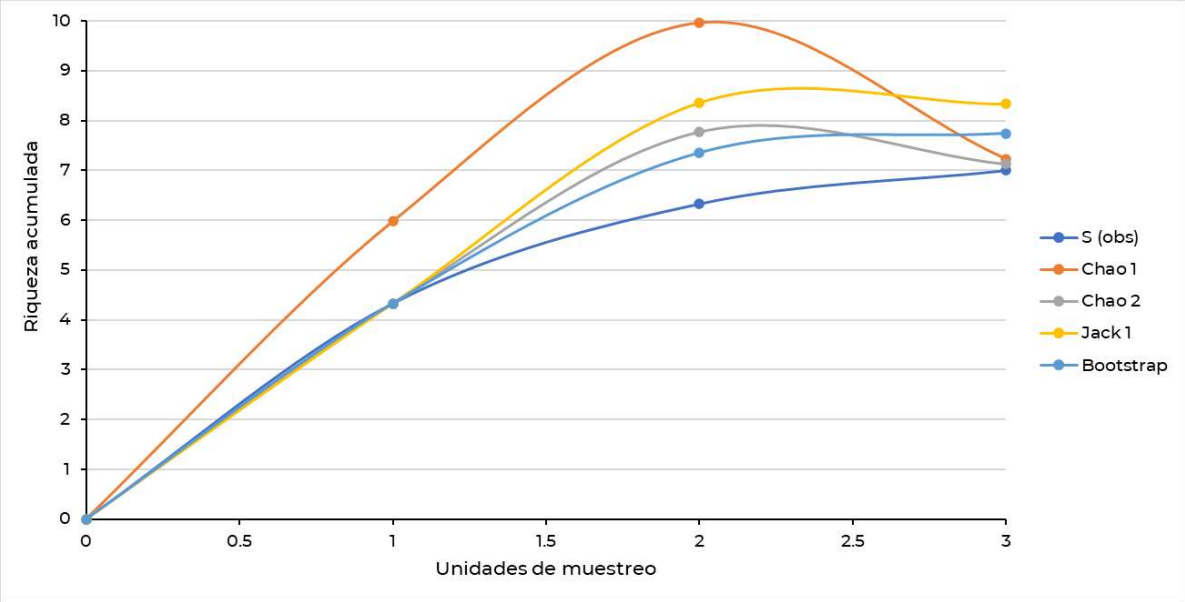


Figura III.51. Curva de acumulación para las aves durante los dos meses de muestreo.

Lo anterior también se demuestra con el análisis de representatividad, donde de acuerdo con los estimadores se tuvo 92.37% de representatividad. El índice de riqueza de jacknife de primer orden fue el que mayor riqueza predijo (8.33), seguido de Bootstrap con 7.74 individuos estimados. Sin embargo, en todos los casos, no hay una diferencia significativa y la representatividad de acuerdo con la riqueza observada (7 especies) se encuentra por arriba del 80% el cual es el valor teórico de eficiencia.

Tabla III.59. Estimadores de riqueza y representatividad para el grupo de las aves durante los dos meses de muestreo

S (obs)	**7**	**Representatividad %**
Estimadores	**Riqueza estimada**	
Chao 1	7.23	96.82%
Chao 2	7.13	98.18%
Jack 1	8.33	84.03%
Bootstrap	7.74	90.44%

- **Especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y endémicas de la región.**

En este estudio dentro del polígono del proyecto únicamente se registró una especie considerada como endémica de la Región Península de Yucatán, la perlita yucateca (*Polioptila albiventris*). Sin embargo, dado que en la Región Ecológica y el Área de Influencia si se registraron especies catalogadas en NOM-059-SEMARNAT-2010, se deberán aplicar programas de prevención para evitar la afectación a la fauna silvestre.

- **Análisis de la información**

La fauna de la Península Biótica de Yucatán puede ser considerada como un conjunto local, ya que la mayoría de especies registradas en el estado se pueden encontrar en cualquier localidad. Lo cual ha sido explicado como resultado de la topografía homogénea, la falta de barreras geográficas y la baja heterogeneidad de hábitats (Vázquez-Domínguez y Arita, 2010). También se reconoce que las semejanzas existentes en las características geológicas, fisiográficas, edáficas, hidrológicas, de vegetación y clima en toda la Península, presentan un gradiente de Norte a Sur y son factores importantes en el desarrollo de una fauna peculiar y en la presencia de un efecto de peninsularidad o de Simpson (Barrera, 1962; Simpson, 1964) ya que esta supone que mientras más lejos se esté del borde (en el caso de Yucatán el Norte) y se vaya más hacia tierra adentro (Sur) se podrá encontrar una mayor diversidad biológica. 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).

En lo que respecta a la composición de las comunidades de fauna, la mayoría de las especies verificadas se consideran especies generalistas y sin necesidades específicas para la alimentación, reproducción y anidación. Muchas de estas especies han sido descritas como comunes de la región, como es el caso de especies como la lagartija merech (*S. chrysostictus*), especies de aves como el perico pecho sucio (*E. nana*), la paloma arroyera (*L. verrauxi*), el cuclillo canela (*P. cayana*), el carpintero yucateco (*M. pygmaeus*), el cardenal (*C. cardinalis*), el rascador oliváceo (*A. rufivirgatus*) y como especies de mamíferos medianos especies como el tejón (*N. narica*) e inclusive el venado cola blanca (*O. virginianus*) (Reid, 1997; Brito-Castillo, 1998; Howell y Webb, 1998; Lee, 2000; Chable-Santos, *et al.,* 2006; Gonzalez-Martinez, 2006; Chable-Santos, 2009; Herrera-Gonzalez, 2009; Chable-Santos y Sosa-Escalante, 2010).

Por lo que se pude concluir que el sitio del proyecto y su área de influencia directa no conforman alguna zona de reproducción y/o alimentación significativa de fauna terrestre relevante o en riesgo.

- **Análisis de la información**

La fauna de la Península Biótica de Yucatán puede ser considerada como un conjunto local, ya que la mayoría de especies registradas en el estado se pueden encontrar en cualquier localidad. Lo cual ha sido explicado como resultado de la topografía homogénea, la falta de barreras geográficas y la baja heterogeneidad de hábitats (Vázquez-Domínguez y Arita, 2010). También se reconoce que las semejanzas existentes en las características geológicas, fisiográficas, edáficas, hidrológicas, de vegetación y clima en toda la Península, presentan un gradiente de Norte a Sur y son factores importantes en el desarrollo de una fauna peculiar y en la presencia de un efecto de peninsularidad o de Simpson (Barrera, 1962; Simpson, 1964) ya que esta supone que mientras más lejos se esté del borde (en el caso de Yucatán el Norte) y se vaya más hacia tierra adentro (Sur) se podrá encontrar una mayor diversidad biológica. 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).

En lo que respecta a la composición de las comunidades de fauna, la mayoría de las especies verificadas se consideran especies generalistas y sin necesidades específicas para la alimentación, reproducción y anidación. Muchas de estas especies han sido descritas como comunes de la región, como es el caso de especies como la lagartija merech (*S. chrysostictus*), especies de aves como el perico pecho sucio (*E. nana*), la paloma arroyera (*L. verrauxi*), el cuclillo canela (*P. cayana*), el carpintero yucateco (*M. pygmaeus*), el cardenal (*C. cardinalis*), el rascador oliváceo (*A. rufivirgatus*) y como especies de mamíferos medianos especies como el tejón (*N. narica*) e inclusive el venado cola blanca (*O. virginianus*) (Reid, 1997; Brito-Castillo, 1998; Howell y Webb, 1998; Lee, 2000; Chable-Santos, *et al.,* 2006; Gonzalez-Martinez, 2006; Chable-Santos, 2009; Herrera-Gonzalez, 2009; Chable-Santos y Sosa-Escalante, 2010).

Por lo que se pude concluir que el sitio del proyecto y su área de influencia directa no conforman alguna zona de reproducción y/o alimentación significativa de fauna terrestre relevante o en riesgo.

III.3.3 PAISAJE

Según la publicación denominada como "La costa de Yucatán en la perspectiva del desarrollo turístico", la costa está integrada por paisajes naturales desarrollados en forma de bandas que corren paralelas al litoral, empezando con una plataforma sumergida de poca pendiente a la que le sigue un conjunto de islas de barrera (paisaje donde se ubicará el proyecto, según el POETCY). Al interior de la barra arenosa, se extiende una banda de lagunas rodeadas por manglares y petenes intercalados. A continuación, se encuentra una franja de sabana formada por pastizales y selvas inundables. En su interior encontramos selva baja caducifolia y hacia el occidente, una pequeña porción de selva mediana subperennifolia, ambas muy alteradas por el desarrollo de actividades agropecuarias.

En la siguiente imagen de referencia se presenta la distribución espacial los mencionados paisajes, además de su configuración paralela a la línea de costa, a partir del trazo de un perfil transversal a ésta.

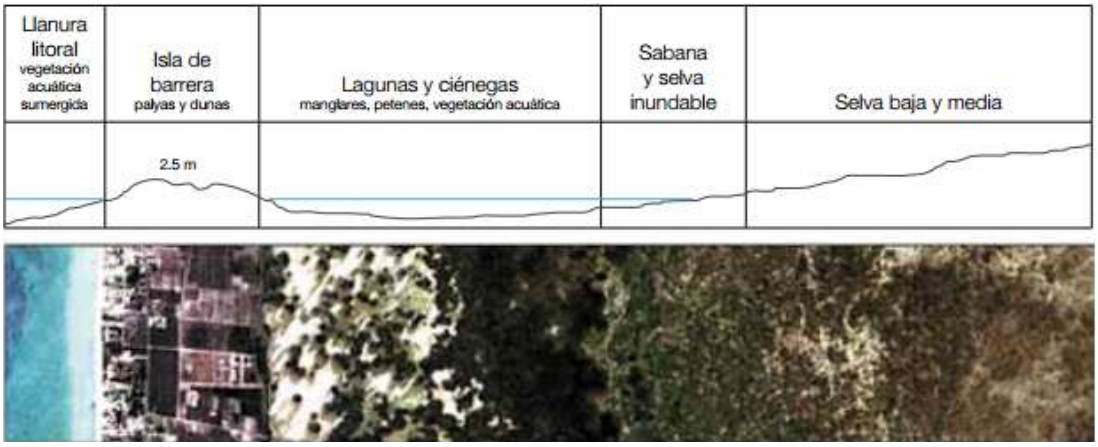


Figura III.52. Referencia de la distribución del ecosistema.

En virtud de la publicación e imagen presentada en el párrafo anterior se puede observar que el sitio de pretendida ubicación del proyecto cumple con dicha configuración del paisaje

III.3.4 MEDIO SOCIOECONÓMICO

Para esta sección se consultó la publicación denominada como Panorama Sociodemográfico de Yucatán elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (en lo sucesivo, INEGI) que realizó una encuesta intercensal en el año de 2020. Dicha publicación proporciona datos correspondientes a la estructura poblacional de municipios, distribución de la vivienda, condiciones de educación, salud y economía. Dicha información se presentará a continuación:

a) Demografía:

Según la información aportada por la encuesta intercensal 2020 se tiene que la población total del municipio de Dzemul es de un total de 3622 personas, de las cuales por cada 98 hombres existen 100 mujeres (del total de pobladores, el 49.6 % son hombres y el 50.4 % mujeres), con una media de edad de 34 años.



Figura III.53. Estructura por sexo y edades del municipio de Dzemul.

b) Factores socioculturales.

- <u>Educación</u>

Según los datos censales se tiene que la población de 15 años y más según nivel de escolaridad se dispone de la siguiente forma: sin escolaridad un 9.3%, con educación básica 53.1%, media superior 25.7% y superior 11.8%.

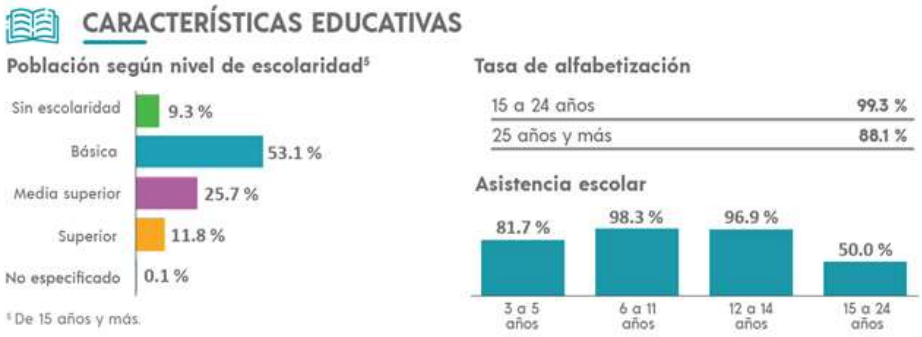


Figura III.54. Escolarización municipal del grupo comprendido de 15 años y más.

La tasa de alfabetización es del 99.3% para el grupo de edad comprendido de 15 a 24 años y del 88.1 % para el grupo de 25 años en adelante. En cuanto a la asistencia escolar municipal por grupos de edad se tiene que del

grupo de edades de 3 a 5 años asiste el 81.7%, del grupo de 6 a 11 años el 98.3%, de 12 a 14 años el 96.9%, mientras que del grupo comprendido de 15 a 24 años asiste el 50 % a la escuela.

- Salud

Según los datos recabados por el censo, se tiene que el 69.9% del total de habitantes del municipio de Dzemul cuenta con algún tipo de afiliación a servicios de salud. De este total, el 19.9% se encuentra afiliado al INSABI, el 69.9% al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el 6.0% al Instituto de Salud y Seguridad Social para los Trabajadores del estado (ISSSTE), el 0.3% a la defensa nacional, el 1.9% con servicios médicos privados y el 2.1% con instituciones no identificadas.



Figura III.55. Distribución del derecho habiencia municipal.

- Vivienda

Según la información del INEGI, en el 2020 se registró un total de 1091 viviendas particulares habitadas las cuales equivalen al 0.2 % del total estatal, de las cuales existe un promedio de 3.3 ocupantes por vivienda y un promedio de 1.1 habitantes por cuarto. Del total de estas viviendas se identificó que el 78.0% contó con agua entubada, el 94.1% con drenaje, el 95.7% con servicio sanitario y un 99.8% cuenta con electricidad.

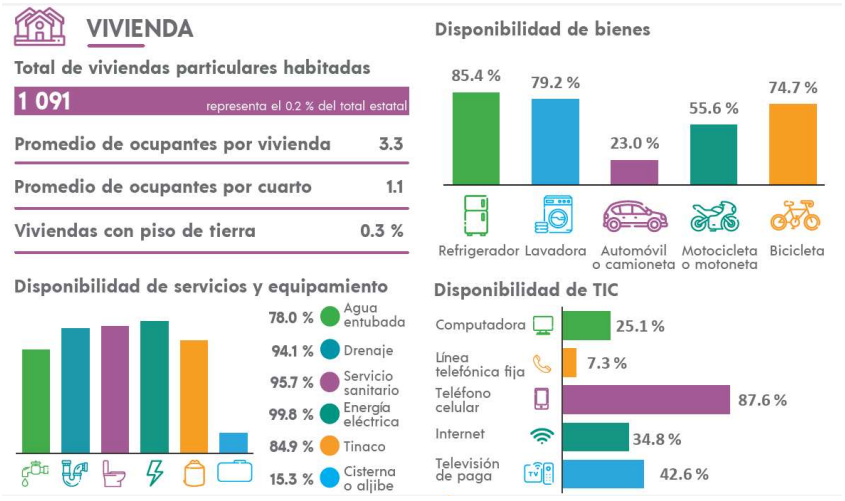


Figura III.56. Distribución de los servicios con los que cuentan las viviendas en el municipio.

- Población económicamente activa

Según la información censada, el 50.6% del municipio se encuentra en la categoría de población económicamente activa. De esta proporción el 98.2% se encuentra ocupada, compuesta a su vez del 97.8% de hombres y el 99.1% mujeres. Respecto a la no económicamente activa se tiene que representan un 49.0%, compuesta del 26.2% por estudiantes, 45.8% de personas dedicadas a los quehaceres del hogar, el 12.4% a jubilados, 6.5% a personas con alguna limitación física o mental que les impide trabajar y el 9.2% a personas en otras actividades no económicas.

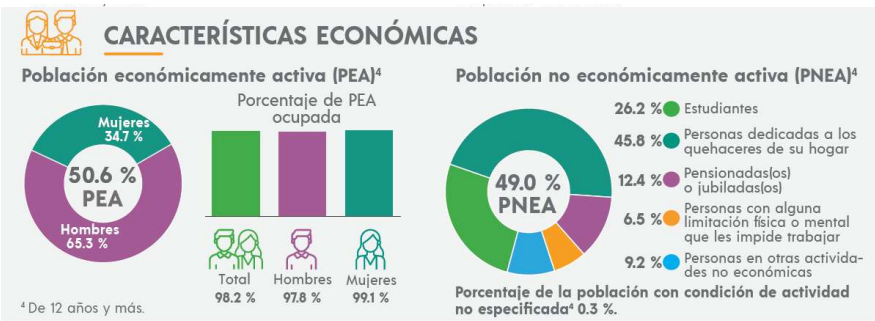


Figura III.57. Distribución de la población económicamente activa y no activa en el municipio de Dzemul.

III.4 DIAGNOSTICO AMBIENTAL

Como se ha mencionado, actualmente la zona norte del estado de Yucatán, en especial la zona costera, ha sido utilizada para la elaboración de desarrollos turísticos y casas habitación de segunda residencia debido al paisaje y servicios ambientales que les proporciona. Estos proyectos han aumentado a través de los años por lo que se vio la necesidad de elaborar un Ordenamiento del Territorio Costero en el cual se establezcan los usos del suelo permitidos para las diferentes UGA's y los criterios a seguir a fin de disminuir o eliminar los impactos que generan dichos proyectos al ambiente.

Las regiones costeras tienen un rol fundamental desde la perspectiva ecológica, social y económica. Entre las principales causas que alteran el equilibrio costero, el crecimiento de las ciudades costeras, y poblaciones turísticas que se desarrollan a lo largo del litoral costero sin regulaciones ecológicas, es una de las más importantes. Fenómenos de erosión, contaminación, deterioro de acuíferos, depredación de recursos acuáticos, bióticos e incluso el aumento de inundaciones a lo largo de la costa vienen aumentando, lo que pone en peligro a su vez el sustento económico y social de muchas de las poblaciones costeras cuyo recurso principal constituye el turismo de sol y playa. Sin embargo, en el área de influencia del proyecto, se puede observar que el deterioro natural es medio; se presenta vegetación secundaria derivada de matorral de duna costera, la cual contribuye a la fijación del suelo y de esta forma evita la erosión.

Cuando se analiza la calidad de los componentes ambientales del predio, se observa que se encuentra en un área cuyo grado de conservación es bajo, sin vegetación natural y con pocas especies de fauna silvestre. Al desarrollar el proyecto con la correcta aplicación de las medidas de mitigación y compensación que se recomiendan, el cumplimiento de los criterios ecológicos aplicables de los Ordenamientos Territoriales, así como las Normas Oficiales Mexicanas, se podrá atenuar el impacto que generará el proyecto en la Región Ecológica que se presenta hoy en día en el lugar del estudio. Por lo tanto, el proyecto en cuestión resulta ambientalmente viable.

CAPÍTULO IV

IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

CONTENIDO

IV IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN.....1
IV.1 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....1
IV.1.1 INDICADORES DE IMPACTO.....1
IV.1.2 LISTA INDICATIVA DE IMPACTOS.....2
IV.1.3 CRITERIOS Y METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN.....3
IV.2 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS.....10
IV.2.1 ESCENARIO MODIFICADO POR EL PROYECTO.....10
IV.2.2 ESCENARIO MODIFICADO POR EL PROYECTO.....11
IV.2.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS.....12
IV.3 EVALUACIÓN DE IMPACTOS.....13
V.3.1. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DURANTE LA PREPARACIÓN DEL SITIO.....13
V.3.2. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DURANTE LA ETAPA CONSTRUCTIVA.....17
V.3.3. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DURANTE LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....20
IV.4 CONCLUSIONES.....22
IV.5 MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....23
IV.6 CLASIFICACIÓN DE MEDIDAS.....24
IV.7 DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS O PROGRAMAS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL.....25
IV.7.1 MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL COMPONENTE AMBIENTAL AIRE.....25
IV.7.2 MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL COMPONENTE AMBIENTAL AGUA.....26
IV.7.3 MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL COMPONENTE AMBIENTAL SUELO.....28
IV.7.4 MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL COMPONENTE AMBIENTAL FLORA SILVESTRE..30
IV.7.5 MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL COMPONENTE AMBIENTAL FAUNA SILVESTRE. 31
IV.7.6 MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL COMPONENTE AMBIENTAL MODIFICACIÓN DEL PAISAJE.....32
IV.7.7 MEDIDAS APLICABLES AL DISEÑO DEL PROYECTO POR SU PRETENDIDA UBICACIÓN EN ZONA CON ALTO GRADO DE PELIGRO POR RIESGO DE INUNDACIONES.....33
IV.8 IMPACTOS RESIDUALES.....34

IV IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

IV.1 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Para el presente capítulo se utilizará la metodología de Conesa (1997), que establece que en el proceso de evaluación del impacto ambiental es necesario primero identificar las acciones que pueden causar impactos sobre uno o más factores del medio susceptibles de recibirlos; en segundo término, se procede a valorar los impactos para determinar su grado de importancia y, en el capítulo siguiente, se establecen las medidas preventivas, correctivas o compensatorias necesarias.

Por lo tanto, en el proceso de evaluación del impacto ambiental únicamente se está interesado en identificar y mitigar aquellas modificaciones imputables al proyecto que potencialmente puedan ser causantes de contingencia ambiental, desequilibrio ecológico, emergencia ecológica o daño ambiental irreversible, puesto que son éstas y no otras las que se consideran significativas para determinar la viabilidad del proyecto.

IV.1.1 Indicadores de Impacto

De entre toda la gama de acciones que intervienen en la relación causa-efecto que define un impacto ambiental, susceptibles de producir impactos concretos en cualquiera de las etapas del proyecto, se deben seleccionar aquellas que sean relevantes, excluyentes/independientes, fácilmente identificables, localizables y cuantificables, ya que algunas de ellas no son significativas desde el punto de vista ambiental porque no modifican o alteran el ambiente o los recursos naturales, o bien porque su efecto es bajo o se puede anular con la adecuada y oportuna aplicación de medidas de prevención o mitigación.

Por otro lado, para la identificación de acciones, se deben diferenciar los elementos del Proyecto de manera estructurada, atendiendo entre otros los siguientes aspectos:

- Acciones que modifican el uso del suelo
- Acciones que implican emisión de contaminantes
- Acciones derivadas de almacenamiento de residuos
- Acciones que implican sobreexplotación de recursos
- Acciones que implican sub-explotación de recursos
- Acciones que actúan sobre el medio biótico
- Acciones que dan lugar al deterioro del paisaje
- Acciones que repercuten sobre las infraestructuras
- Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural
- Acciones derivadas del incumplimiento de la normatividad ambiental vigente

Tales acciones y sus efectos deben quedar determinados al menos en intensidad, extensión, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad y momento en que intervienen en el proceso.

IV.1.2 Lista Indicativa de Impactos

Los factores ambientales, son los elementos y procesos del medio que suele diferenciarse en dos Sistemas: Medio Físico y Medio Socioeconómico. El Medio Físico incluye tres subsistemas que son el Medio Inerte o Físico propiamente dicho, el Medio Biótico y el Medio Perceptual; en tanto que el Medio Socioeconómico incluye el Medio Socio-Cultural y el Medio Económico.

A cada uno de los subsistemas pertenece una serie de componentes ambientales susceptibles de recibir impactos, entendidos como elementos, cualidades y procesos del entorno que pueden ser afectados por el proyecto. La afectación, puede ser negativa o positiva.

Para seleccionar los componentes ambientales, deben considerarse los siguientes criterios:

- Ser representativos del entorno afectado, y por tanto del impacto total producido por la ejecución del Proyecto sobre el medio.
- •Ser relevantes, es decir, portadores de información significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- Ser excluyentes, es decir, sin solapamientos ni redundancias.
- De fácil identificación tanto en su concepto como en su apreciación sobre información estadística, cartográfica o trabajos de campo.
- De fácil cuantificación, dentro de lo posible, ya que muchos de ellos serán intangibles o inconmensurables.

La valoración de los componentes ambientales, toma en cuenta la importancia y magnitud del mismo. Sin embargo, en muchos casos no es posible medir objetivamente tales parámetros y es necesario aplicar criterios subjetivos en su valoración. Cuando este es el caso, se puede adoptar el valor ambiental de un factor o de una unidad de inventario es directamente proporcional al grado cualitativo enumerado a continuación:

- Extensión: área de influencia en relación con el entorno
- Complejidad: compuesto de elementos diversos
- Rareza: no frecuente en el entorno
- Representatividad: carácter simbólico. Incluye carácter endémico
- Naturalidad: natural, no artificial
- Abundancia: en gran cantidad en el entorno
- Diversidad: abundancia de elementos distintos en el entorno
- Estabilidad: permanencia en el entorno
- Singularidad: valor adicional por la condición de distinto o distinguido
- Irreversibilidad: imposibilidad de que cualquier alteración sea asimilada por el medio debido a mecanismos de autodepuración
- Fragilidad: endeblez, vulnerabilidad y carácter perecedero de la cualidad del factor
- Continuidad: necesidad de conservación
- Insustituibilidad: imposibilidad de ser sustituido
- Clímax: proximidad al punto más alto de valor ambiental de un proceso
- Interés ecológico: por su peculiaridad ecológica
- Interés histórico-cultural: Por su peculiaridad histórico-monumental-cultural

- Interés individual: por su peculiaridad a título individual (carácter epónimo, mutante)
- Dificultad de conservación: dificultad de subsistencia en buen estado
- Significación: importancia para la zona del entorno.

Los distintos factores del medio presentan importancias distintas de unos respecto a otros, en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación ambiental. Considerando que cada factor representa sólo una parte del medio ambiente, es importante disponer de un mecanismo según el cual todos ellos se puedan contemplar en conjunto, y además ofrezcan una imagen coherente de la situación al hacerlo, o sea, ponderar la importancia relativa de los factores en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación del medio ambiente.

Tabla IV.1. Impactos ambientales generados por el proyecto.

MEDIO FÍSICO	MEDIO FÍSICO	• Generación de ruido • Generación de emisiones a la atmósfera • Generación de residuos • Afectación en la calidad del agua
	MEDIO BIÓTICO	• Afectación Flora y Fauna. • Modificación del paisaje
	MEDIO SOCIAL	• Proveer de empleos a los pobladores cercanos

IV.1.3 Criterios y Metodologías de Evaluación

Criterios

El estudio de impacto ambiental es una herramienta fundamentalmente analítica de investigación prospectiva de lo que puede ocurrir, por lo que la clarificación de todos los aspectos que lo definen y en definitiva de los impactos (Interrelación Acción del Proyecto-Factor del medio), es absolutamente necesaria.

Por lo tanto, no es válido pasar a un proceso de evaluación de impactos sin un análisis previo en el que se enuncien, describan y examinen los factores más importantes constatados, justificando por qué merecen una determinada valoración. En esta fase se cruzan las dos informaciones (factores del medio / acciones del proyecto), con el fin de prever las incidencias ambientales derivadas tanto de la ejecución del proyecto, como de su operación, para poder valorar su importancia.

La valoración cualitativa se efectúa a partir de la matriz de impactos en la que en cada casilla de cruce se anota la importancia del impacto determinada. Con esta matriz se mide el impacto ambiental generado por una acción simple de una actividad sobre un factor ambiental considerado, es decir, que se medirá el impacto con base al grado de manifestación cualitativa del efecto que quedará reflejado en lo que definimos como importancia del impacto.

La importancia del impacto es pues, el valor mediante el cual medimos cualitativamente el impacto ambiental, en función, tanto del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cuantitativo. El valor de importancia del impacto, se establece en función de 11 características.

La primera de ellas se refiere a la naturaleza del efecto (positivo o negativo), en tanto que la segunda representa el grado de incidencia o intensidad del mismo y los nueve restantes (extensión, tipo de efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad), los atributos que caracterizan a dicho efecto. Dichas características se representan por símbolos que ayudan a visualizar e identificar rápidamente a cada una y forman parte de una ecuación que indica la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental.

A saber:

Tabla IV.2. Impactos ambientales generados por el proyecto.

I = ± (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)	
Donde:	
I	=Importancia del impacto
±	=Signo
IN	=Intensidad
EX	=Extensión
MO	=Momento
PE	=Persistencia
RV	=Reversibilidad
SI	=Sinergia
AC	=Acumulación
EF	=Efecto
PR	=Periodicidad
MC	=Recuperabilidad

La importancia del impacto se representa por un número que se deduce de dicha ecuación, en función del valor asignado a los símbolos considerados, según se muestra en la tabla siguiente.

Tabla IV.3. Importancia de impacto.

Naturaleza		**Momento (MO)**	
Impacto beneficioso	+	Largo plazo	1
Impacto perjudicial	-	Medio plazo	2
Intensidad (IN)		Inmediato	4
Baja	1	Critico	(+4)
Media	2	**Persistencia (PE)**	
Alta	4	Fugaz	1
Muy alta	8	Temporal	2
Total	12	Permanente	4
Extensión (EX)		**Reversibilidad (RV)**	
Puntual	1	Corto plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Irreversible	4
Total	8	**Sinergia (SI)**	

Critica	(+4)	Sin sinergismo	1
Acumulación (AC)		Sinérgico	2
Simple	1	Muy sinérgico	4
Acumulativo	4	**Periodicidad (PR)**	
Efecto (EF)		Irregular y discontinuo	1
Indirecto	1	Periódico	2
		Continuo	4
Directo	4	**Importancia (I)**	
Recuperabilidad (MC)		I = ± (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)	
De manera inmediata	1		
A mediano plazo	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

A fin de clarificar el significado de las características expresadas y sus valores, se describe a continuación cada una de ellas.

Signo. El signo hace referencia al carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los factores considerados. Sin embargo, en ocasiones no es fácil predecir el efecto por lo que se puede incluir un tercer valor (x), que refleja efectos cambiantes difíciles de predecir.

Intensidad. Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. La escala de valoración está comprendida entre 1 y 12, en el que 12 < expresa una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto, y 1 indica una afectación mínima.

Extensión. Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto, es decir, el porcentaje de área respecto al entorno en que se manifiesta el efecto. Esta característica se valora con escala entre 1 y 8 en la que 1 representa un efecto muy localizado o puntual y 8 representa una ubicación de influencia generalizada en todo el entorno del proyecto. Esta característica introduce un valor adicional que aplica si el impacto se produce en un lugar crítico. En este caso se deben sumar cuatro unidades al número que resultó de la valoración del porcentaje de extensión en que se manifiesta. Cuando éste es el caso, y además se trata de un impacto peligroso para el cual no es posible introducir medidas correctoras, deberá buscarse otra alternativa a la actividad.

Momento. El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. Cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será inmediato, y si es inferior a un año, Corto Plazo, asignándole en ambos casos un valor de 4. Si el período de tiempo va de 1 a 5 años, Medio Plazo, se asigna el valor 2 y si el efecto tarda en manifestarse más de 5 años se califica con 1, Largo Plazo. Si ocurriese alguna circunstancia que hiciese crítico el momento del impacto, cabría atribuirle un valor de 1 a 4 unidades que se suman al valor obtenido previamente, según su momento de acción.

Persistencia. Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras. Si la persistencia del efecto tiene lugar durante menos de 1 año, consideramos que la acción produce un efecto fugaz, asignándole un valor de 1. Si dura entre 1 y 10 años, se califica como temporal (2) y si el efecto tiene una duración superior a 10 años, se considera permanente y debe calificarse con un valor de 4.

Reversibilidad. Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio. Siguiendo los intervalos de tiempo expresados para la característica previa, al Corto Plazo, se le asigna un valor de 1, si es a Medio Plazo 2 y si el efecto es irreversible 4.

Recuperabilidad. Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana. Si el efecto es totalmente recuperable se le asigna un valor de 1 ó 2, según lo sea de manera inmediata o a medio plazo, si lo es parcialmente, el efecto es mitigable, y toma un valor de 4, que se resta al valor de importancia total. Cuando el efecto es irrecuperable se le asigna el valor de 8. Si el efecto es irrecuperable, pero existe la posibilidad de aplicar medidas compensatorias, entonces el valor que se adopta es 4.

Sinergia. Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que acabaría esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea.

Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma valor 1, si se presenta un sinergismo moderado 2 y si es altamente sinérgico 4.

Acumulación. Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos, el efecto se valora como 1 y si el efecto es acumulativo se califica con 4.

Efecto. Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción a consecuencia directa de ésta y se califica con el valor 4.

En el caso de que el efecto sea indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden. En este caso se califica con 1.

Periodicidad. Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo). A los efectos continuos se les asigna un valor de 4, a los periódicos 2 y a los de aparición irregular y a los discontinuos con 1.

Metodología de Evaluación

Una vez determinada la importancia de los impactos y efectuada la ponderación de los distintos factores del medio, se está en la posibilidad de desarrollar el modelo de valoración cualitativa, con base en la importancia *Ii* de los efectos que cada Acción *Ai* de la actividad produce sobre cada factor del medio *Fj*.

El modelo contempla el análisis de los impactos negativos mediante el empleo de una matriz, en las que las filas indican los factores ambientales que recibirían las alteraciones más significativas; y las columnas las acciones relevantes causantes de éstos. Se omiten las acciones cuyo efecto no es relevante y los factores que son inalterados o lo son débilmente o de manera temporal, capaces de retornar a las condiciones previas.

La suma ponderada de la importancia del impacto negativo de cada elemento tipo, por columnas (IRi), identificará las acciones más agresivas (altos valores negativos) y las poco agresivas (bajos valores negativos), pudiendo analizarse las mismas según sus efectos sobre los distintos subsistemas.

Así mismo, la suma ponderada de la importancia del efecto de cada elemento tipo, por filas (IRj), indicará los factores ambientales que reciben en mayor o menor medida, las consecuencias del funcionamiento de la actividad considerando su peso específico, o lo que es lo mismo, el grado de participación que dichos factores tienen en el deterioro del medio ambiente.

El impacto neto de una nueva actividad, en cada una de las fases o situaciones temporales estudiadas, es la diferencia entre la situación del medio ambiente modificado por causa del proyecto, considerando las medias de mitigación aplicables y la situación tal y como habría evolucionado sin la presencia de aquel.

Ahora bien, la calidad final del medio ambiente es debida, no sólo a la consecuencia de las acciones impactantes en la propia fase de funcionamiento del proyecto, sino también a la existencia previa de alguna acción causante de efectos irreversibles o de efectos continuos producidos y estudiados en otra fase anterior.

Este tipo de efectos (IRPj), se destacan y su importancia total ponderada se indica en la columna correspondiente de la matriz de importancia.

En la última columna de la matriz se relacionan las importancias totales de los efectos finales sobre los factores ambientales (IRj) obtenidas como suma algebraica de la importancia relativa del impacto en la fase de funcionamiento del proyecto y la importancia relativa del impacto de las acciones cuyo efecto es irreversible o permanece durante largo plazo o a lo largo de la vida del proyecto.

La importancia total de los efectos causados en los distintos componentes y subsistemas presentes en la matriz de impactos (IRi) se calcula como la suma ponderada por columnas de los efectos de cada uno de los elementos tipo correspondientes a los componentes y subsistemas estudiados. No es válida la suma algebraica.

Valoración absoluta

La suma algebraica de la importancia del impacto de cada elemento tipo por columnas (Ii), constituye otro modo, aunque menos representativo y sujeto a sesgos importantes, de identificar la mayor o menor agresividad de las acciones.

De la misma manera que la establecida previamente, la suma algebraica de la importancia del impacto de cada elemento por filas (Ij), indica los factores ambientales que sufren en mayor o menor medida las consecuencias de la actividad.

De forma análoga a la dispuesta para la valoración relativa, se incluye una columna en la matriz de importancia para reflejar la importancia absoluta del efecto causado durante la fase de construcción o funcionamiento, y otra columna en la que se reflejan los efectos totales permanentes (IPj), obtenidos en este caso por suma algebraica.

Se incluye una tercera columna para indicar la importancia de los efectos absolutos totales (Ij), sobre cada uno de los factores considerados, mediante suma algebraica de todas las columnas.

No debe olvidarse que los valores obtenidos de la importancia del impacto en los elementos tipo de la matriz, no son comparables entre sí, o sea, en la proporción que sus valores numéricos lo indican puesto que se trata de variables no proporcionales.

Sin embargo, el hecho que una importancia sea mayor que otra, sí implica que el impacto de la primera acción sobre el factor considerado es mayor que el de la segunda sobre el mismo factor, pues se trata de variables ordinales.

Análisis del modelo

Continuando con Conesa Fernández (1997), una vez realizada la valoración cualitativa por los dos métodos descritos quedan definidas:
La importancia total Ii, de los efectos debidos a cada acción i

$Ii = \Sigma_j Iij$
La importancia total ponderada IRi, de los mismos
$IRi = \Sigma_j Iij \bullet Pj/\Sigma_j Pj$
La importancia total Ij, de los efectos causados a cada factor j
$Ij = \Sigma_i Iij$
La importancia total ponderada IRj, de los mismos
$IRj = \Sigma_i Iij \bullet Pj/\Sigma_j Pj$
La importancia total I, de los efectos debidos a la actuación
$I = \Sigma_i Ij = \Sigma_i I'i + IP = I' + IP$
La importancia total ponderada IR, de los mismos
$IR = \Sigma_j IRj = \Sigma_j I'Ri + IPR = I'R + IPR$

Con esta metodología el modelo de la suma ponderada en función del peso específico de un factor sobre los demás, se aproxima suficientemente a la realidad medioambiental estudiada, haciendo siempre la salvedad que, en esta valoración cualitativa, se consideran aspectos de los efectos con un grado de manifestación cualitativo y por tanto sujeto a errores de mayor magnitud que los que se podrían cometer al llevar a cabo una valoración cuantitativa. En la tabla siguiente se muestra gráficamente la estructura de la matriz de importancia resultante del análisis descrito.

Tabla IV.4. Importancia del impacto.

Factores	UIP	Situación 1								Situación 2									
		Acciones					n + 1			Acciones				n + 1		n + 2		n + 3	
							Total							Total		Total efectos permanentes de la Sit. 1		Importancia total	
		1 A_1	2 A_2	i A_i	n A_n		1 Ab.	2 Rel.		1 A_1	2 A_2	i A_i	n A_n	1 Ab.	2 Rel.	1 Ab.	2 Rel.	1 Ab.	2 Rel.
F_1	P_1																		
F_2	P_2																		
F_j	P_j			I_{ij}	I_{nj}		I_j	I_{Rj}				I'_{ij}	I'_{nj}	I'_j	I'_{Rj}	I_{Pj}	I_{RPj}	I_j	I_{RJ}
F_m	P_m																		
Total	Absoluto			I_i			I	-				I'_i			-	I'	-	I	-
	Relativo			I_{Ri}			-	I_R				I'_{Ri}		-		-	I'_R	-	I_R

Fuente: Conesa Fernández, 1997.

Ab. = Importancia absoluta; Rel. = Importancia relativa

$I_i = \sum_j I_{ij} I_{Ri} = \sum_j I_{ij} \bullet P_j/\sum_j P_j$ $I_j = \sum_i I_{ij} I_{Rj} = \sum_i I_{ij} \bullet P_j/\sum_j P_j$ $I_{Pj} = \sum_{i<n} I_{pij}$ $I_{RPj} = \sum_{i<n} I_{rpij}$ $I_j = I'_j + I_{Pj}$ $I_{Rj} = I'_{Rj} + I_{RPj}$

Una vez identificados los impactos potenciales y siguiendo la metodología de Conessa (1997), se califica el valor de importancia de los impactos ambientales potenciales identificados para el proyecto. La metodología utilizada presenta una escala de valores que permiten calificar los impactos identificados, donde los valores inferiores o iguales a 25 son compatibles, aquellos que se encuentren entre 25 y 50 se consideran moderados, entre 50 y 75 severos y superiores a 75 deben considerarse críticos.

Tabla IV.5. Importancia del impacto.

Niveles de Impacto	
Ambiental Compatible	**<25**
Ambiental Moderado	**25-50**
Ambiental Severo	**50-75**
Ambiental crítico	**> 75**

La presente y futura construcción del proyecto no ha modificado ni modificará la situación actual del área donde se ubica, sin embargo, se tienen presentes los siguientes parámetros para la evaluación del posible daño que pudiese darse:

- ✓ Generación de ruido.
- ✓ Generación de emisiones a la atmosfera.
- ✓ Afectación en la calidad del agua.
- ✓ Generación de aguas residuales.
- ✓ Generación de residuos.
- ✓ Afectación flora y fauna.
- ✓ Generación de empleos.

IV.2 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS

IV.2.1 ESCENARIO MODIFICADO POR EL PROYECTO

El proyecto tiene objeto, utilizar el sitio para llevar a cabo la construcción de una vivienda de tipo veraniega, la cual cuente con toda la infraestructura y servicios necesarios para que sea habitable. Actualmente, el escenario donde será llevado a cabo el proyecto no se encuentra modificado por actividades humanas; es una obra nueva.

La modificación del escenario será mínima, pues solamente se utilizará un porcentaje del predio, manteniendo un área con vegetación y suelo natural (áreas de conservación), así como también áreas verdes.



Figura IV.1. Vista general del polígono del proyecto.



Figura IV.2. Vista general del polígono del proyecto.

El diseñar una obra con toda la infraestructura necesaria para su operación y buen funcionamiento, cuidando todos los detalles del agua potable, manejo de residuos, espacios de conservación y servicios, nos garantiza que la obra vaya acorde con los parámetros urbanos y ambientales que se determinan para un futuro desarrollo. De manera que con la ejecución de las medidas ambientales propuestas en el capítulo VI, el escenario resultante será un sitio totalmente armónico con el entorno.

IV.2.2 Escenario Modificado por el Proyecto

Los impactos ambientales que se presentarán en el sitio del proyecto durante las actividades de la construcción se describen a continuación:

Para la Preparación del Sitio:
Generación de ruido, emisiones a la atmósfera, afectación a la calidad del agua, pérdida de cobertura vegetal, afectación a la fauna, modificación del paisaje, generación de empleos.

Para la construcción:
Pérdida de suelo, generación de ruido, aumento de emisiones a la atmósfera, afectación a la calidad del agua, afectación a la fauna silvestre, generación de empleos, calidad paisajística.

Para la operación:
Generación de residuos sólidos urbanos.

Tabla IV.6. Identificación de los efectos en el sistema ambiental.

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO
MEDIO FÍSICO	MEDIO INERTE	**Aire**	Generación de emisiones a la atmosfera
			Incremento en los niveles de presión sonora
		Suelo	Alteraciones de la estructura
			Alteraciones de las características fisicoquímicas
			Afectaciones de la calidad del suelo
		Agua	Alteración en la calidad del agua.
	MEDIO BIÓTICO Y PERCEPTUAL	**Paisaje**	Deterioro visual paisajístico
			Disminución de la calidad del escenario natural
		Flora	Pérdida de la cobertura vegetal
			Afectación de especies protegidas
		Fauna	Afectaciones a la fauna (fauna mediana y especies protegidas)
MEDIO SOCIOECONÓMICO	MEDIO SOCIO-CULTURAL	**Social**	Mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de localidades cercanas
		Económico	Generación de empleos
			Demanda de bienes y servicios

IV.2.3 Caracterización de los Impactos

Las principales afectaciones del proyecto al ambiente se presentan a continuación:

- **RUIDO (Incremento en los niveles de presión sonora):** Los impactos se generarán de forma negativa pero temporal. Este impacto será producto del uso de maquinaria (motoconformadora), vehículos de carga (volquetes), etc., necesarios para la nivelación del terreno y construcción de obras. Este incremento se prevé poco significativo y será durante el tiempo en el que la maquinaria y equipos se encuentren funcionando. Para la etapa operativa, disminuirá de manera significativa y se generarán principalmente por el empleo de vehículos.

- **AIRE (generación de emisiones a la atmósfera):** Este impacto se da por el aumento de las concentraciones de compuestos como el CO, SO_2, NO_2, a la atmósfera. Los impactos serán ocasionados principalmente por los equipos y maquinaria que empleen diésel, emitiendo gases contaminantes. Así mismo, por el transporte de materiales para nivelación de terreno, así como por el tránsito vehicular y construcción de obras, se levantarán partículas de polvo, por lo que se afectará de manera temporal la calidad del aire.

- **SUELO (Estructuras, características fisicoquímicas, calidad y contaminación):** Los impactos que se generarán serán en un nivel medio, pues requerirá de nivelaciones y de compactaciones para el establecimiento de obras.

- **AGUA (afectación en la calidad del agua.):** La calidad del agua subterránea se puede ver afectada por el manejo imprudencial de combustibles y aceites que ocupa la maquinaria, así como por el vertimiento de residuos sólidos urbanos al cuerpo de agua o por la mala disposición de aguas residuales durante la etapa constructiva.

- **FLORA Y FAUNA:** Las actividades constructivas no afectarán especies vegetales de importancia. El proyecto considera áreas sin afectación de obras, misma que no requerirán de cambios ni modificaciones, manteniendo la vegetación y suelo natural. Respecto a la flora y fauna silvestre, NO se obtuvo registro de alguna especie catalogada bajo protección especial de acuerdo a la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, sin embargo, cualquier especie que sea susceptible de afectación, deberán ahuyentarse o reubicarse a áreas colindantes o sitios donde se evite su daño. Dicho lo anterior, los impactos serán negativos pero temporales, ya que la presencia de los trabajadores, maquinaria, vehículos que estarán realizando las diversas actividades constructivas del proyecto, podrían afectar a la fauna.

- **PAISAJE (deterioro visual paisajístico y calidad del escenario natural):** El paisaje en el área del proyecto se encuentra poco afectado por la urbanización, por lo que existirá un cambio poco significativo durante el desarrollo del proyecto. Sin embargo, se producirán impactos negativos por la presencia de trabajadores, equipos, maquinaria y vehículos, para el establecimiento de las diferentes obras que considera el proyecto.

- **SOCIAL (mejoramiento de la calidad de vida):** Debido a la implementación del proyecto, se generarán empleos para pobladores locales.

- **ECONÓMICO (generación de empleos y demanda de bienes):** Los empleos que generará el proyecto, es uno de los impactos positivos durante el mismo, ya que se contratarán habitantes de las comunidades más cercanas para las distintas actividades que se llevarán durante las tres etapas del proyecto. Por otra parte, en cuanto a los servicios, estos serán requeridos según las necesidades del proyecto.

IV.3 EVALUACIÓN DE IMPACTOS

V.3.1. Evaluación de los Impactos Durante la Preparación del Sitio

Tabla IV.7. Impactos ambientales generados en la preparación del sitio.

TIPOLOGÍA DE IMPACTOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS		IMPACTOS AMBIENTALES ESPERADOS							
			Ruido	Aire	Agua	Suelo	Flora	Fauna	Paisaje	Socioeconómico
Intensidad (IN)	Baja	1	1							
	Media	2		2					2	2
	Alta	4			4	4	4	4		
	Muy alta	8								
	Total	12								

TIPOLOGÍA DE IMPACTOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS		IMPACTOS AMBIENTALES ESPERADOS							
			Ruido	Aire	Agua	Suelo	Flora	Fauna	Paisaje	Socioeconómico
Extensión (EX)	Puntual	1	1							1
	Parcial	2		2	2					
	Extenso	4				4	4	4	4	
	Total	8								
	Critica	(+4)								
Momento (MO)	Largo plazo	1								
	Medio plazo	2								2
	Inmediato	4	4	4	4	4	4	4	4	
	Critico	(+4)								
Persistencia (PE)	Fugaz	1								
	Temporal	2	2	2				2		2
	Permanente	4			4	4	4		4	
Reversibilidad (RV)	Corto plazo	1	1							1
	Medio plazo	2						2	2	
	Irreversible	4		4	4	4	4			
Sinergia (SI)	Sin sinergismo	1	1							1
	Sinérgico	2		2	2	2	2	2	2	
	Muy sinérgico	4								
Acumulación (AC)	Simple	1	1							1
	Acumulativo	4		4	4	4	4	4	4	
Efecto (EF)	Indirecto	1						1		
	Directo	4	4	4	4	4	4		4	4
Periodicidad (PR)	Irregular y discontinuo	1	1		1					
	Periódico	4		4		4	4	4	4	4
Recuperabilidad (MC)	De manera inmediata	1	1							1
	A mediano plazo	2								
	Mitigable	4		4	4	4	4	4	4	
	Irrecuperable	8								
Naturaleza	Impacto beneficioso	+								+
	Impacto perjudicial	-	-	-	-	-	-	-	-	
Importancia (I)	I = ± (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)		20	38	43	50	50	43	42	24
Característica	Ambiental crítico (> 75)									
	Ambiental Severo (51-75)									
	Ambiental Moderado (25-50)			■	■	■	■	■	■	
	Ambiental Compatible (<25)		■							■

De acuerdo a la tabla anterior, de los impactos identificados siete son negativos, pero de intensidad ambiental moderada, así mismo se generará un impacto ambiental positivo compatible el cual actúa sobre el componente socioeconómico que hace referencia a la generación de empleos.



Gráfico IV.1. Porcentaje de los impactos ambientales generados en la preparación del sitio del proyecto.

Los impactos potenciales que se generarán durante la preparación del sitio se analizan a continuación, de acuerdo a lo obtenido en la matriz de valoración de impactos:

RUIDO: El ruido es un efecto perjudicial, sin embargo, es reversible pues se disipa en el aire. Por lo que, dada la extensión del predio, se estima que la afectación ocasionada sea mínima, generándose sobre una extensión puntual, con una intensidad baja, la cual actuará de manera inmediata pero temporal. Dicho impacto será producto del uso de maquinaria y vehículos necesarios, de manera que la afectación por contaminación acústica será generada en un periodo irregular y discontinuo, aclarando que las actividades de remoción de vegetación sean llevadas a cabo de manera paulatina, por lo que podrá ser mitigable al concluir la obra.

AIRE: Los impactos que recibirá este rubro serán en su mayoría negativos; esto se debe principalmente a que materiales varios se levantan del suelo como resultado del uso de vehículos y maquinaria durante las actividades de remoción de la vegetación y despalme. Además, la maquinaria emite gases contaminantes por el uso de diésel, produciendo contaminación atmosférica, por lo que podría considerarse como un impacto irreversible y acumulativo con una intensidad media. Sin embargo, se espera que con el mantenimiento previo a las maquinarias que fueran a utilizarse en la obra, los impactos se reduzcan.

AGUA: Las posibles afectaciones hacia el agua en esta etapa podrán ocurrir por el mal funcionamiento de la maquinaria, así como por algún derrame de aceite, diésel o gasolina, de manera parcial en el sitio donde se esté trabajando en ese momento, y de forma regular y discontinua, ya que se tratará de que la maquinaria esté presente sólo cuando sea necesario; del mismo modo, con las medidas preventivas se espera que el impacto sea revertido a mediano plazo, considerando la aplicación de programas y medidas propuestas para el presente proyecto.

SUELO: El proyecto mantendrá áreas verdes y un área de conservación en un solo bloque que mantendrán la permeabilidad dentro del terreno. En cuanto a las obras, serán permeabilizadas, sin embargo, este impacto podrá ser mitigable teniendo en cuenta que el material producto de las actividades de limpieza podrán ser reincorporado a dichas áreas.

Por otra parte, como se sabe, uno de los problemas más grandes en el mundo es la generación de residuos sólidos; por lo cual, dentro del área de afectación del proyecto, de llevarse a cabo las medidas propuestas, se generará una afectación parcial por el vertimiento de residuos en las áreas de trabajo, generado por los mismos obreros. Sin embargo, la afectación será periódica, y aunque pudiese considerarse como acumulativa, esto sería en el ámbito local.

FLORA: De acuerdo a los muestreos realizados en el área del proyecto se observa que el sitio no cuenta con su vegetación original, presentando remanentes de vegetación secundaria de duna costera. De manera que la afectación por la remoción de vegetación para los sitios que requieran de una posterior cimentación será un impacto permanente y de intensidad baja, sin embargo, se tomarán medidas adecuadas para no afectar especies de importancia, disminuyendo de tal manera el impacto.

FAUNA: Este factor se verá afectado principalmente por la presencia de trabajadores y el empleo de maquinaria, ocasionando un desplazamiento de la fauna a zonas aledañas; de manera que los impactos serán en su mayoría negativos pero inmediatos. Sin embargo, para la etapa operativa este impacto se podría considerar como temporal debido a que, al disminuir el número de personas y maquinaria, la fauna podrá regresar a estas zonas destinadas como áreas de conservación. Por lo que los impactos que sean ocasionados podrán ser completamente mitigables hacia este grupo, tomando en cuenta todas las indicaciones y dándoles la debida capacitación a los trabajadores.

PAISAJE: El paisaje en esta etapa será de manera parcial, modificando solamente las áreas necesarias para llevar a cabo el proyecto, sin embargo, este se considera con una intensidad baja, dadas las características del mismo proyecto, sin embargo, este contará con áreas verdes y un área de conservación en un solo bloque. Además, se llevará a cabo un programa de acción para la protección de flora, a través del cual se propone utilizar plantas nativas de la región y el rescate de plantas de importancia que pudieran utilizarse para la reforestación, dándole de tal forma, una mejor visualización al paisaje.

SOCIOECONÓMICA: Durante la etapa de preparación del sitio, la generación de empleos a causa de las actividades de limpieza del sitio y despalme les traerá un gran beneficio a los pobladores cercanos al área del proyecto, considerando de tal forma, dicho impacto como positivo, con una intensidad alta, que se dará de forma inmediata desde el inicio de las labores de preparación del sitio.

V.3.2. Evaluación de los Impactos Durante la Etapa Constructiva

Tabla IV.8. Impactos ambientales generados en la Constructiva.

TIPOLOGÍA DE IMPACTOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS		IMPACTOS AMBIENTALES ESPERADOS							
			Ruido	Aire	Agua	Suelo	Flora	Fauna	Paisaje	Socioeconómica
Intensidad (IN)	Baja	1					1			
	Media	2	2	2						
	Alta	4			4	4		4	4	4
	Muy alta	8								
	Total	12								
Extensión (EX)	Puntual	1					1			1
	Parcial	2	2			2		2	2	
	Extenso	4		4	4					
	Total	8								
	Critica	(+4)								
Momento (MO)	Largo plazo	1								
	Medio plazo	2			2					2
	Inmediato	4	4	4		4	4	4	4	
	Critico	(+4)								
Persistencia (PE)	Fugaz	1								
	Temporal	2	2	2			2	2	2	2
	Permanente	4			4	4				
Reversibilidad (RV)	Corto plazo	1	1				1			1
	Medio plazo	2		2				2	2	
	Irreversible	4			4	4				
Sinergia (SI)	Sin sinergismo	1	1							
	Sinérgico	2		2	2	2	2	2	2	2
	Muy sinérgico	4								
Acumulación (AC)	Simple	1	1							1
	Acumulativo	4		4	4	4	4	4	4	
Efecto (EF)	Indirecto	1					1	1		
	Directo	4	4	4	4	4			4	4
Periodicidad (PR)	Irregular y discontinuo	1			1		1			
	Periódico	4	4	4		4		4	4	4
Recuperabilidad (MC)	De manera inmediata	1								1
	A mediano plazo	2								
	Mitigable	4	4	4	4		4	4	4	
	Irrecuperable	8				8				
Naturaleza	Impacto beneficioso	+								+
	Impacto perjudicial	-	-	-	-	-	-	-	-	
Importancia (I)	I = ± (3IN + 2EX + MO		31	40	45	50	24	39	42	31

TIPOLOGÍA DE IMPACTOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS	IMPACTOS AMBIENTALES ESPERADOS							
		Ruido	Aire	Agua	Suelo	Flora	Fauna	Paisaje	Socioeconómica
	+ PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)								
Característica	Ambiental crítico (> 75)								
	Ambiental Severo (51-75)								
	Ambiental Moderado (25-50)	■	■	■	■		■	■	■
	Ambiental Compatible (<25)					■			

De los impactos identificados, siete son considerados negativos y uno como positivo (socioeconómico), así mismo siete impactos son considerados moderados debido a la intensidad del impacto en dicha etapa y un impacto fue considerado como compatible debido a que la afectación sobre este subcomponente biótico (flora) ha ocurrido desde la primera etapa de trabajo, donde se han llevado a cabo las acciones de limpieza del sitio.



Gráfico IV.2. Porcentaje de los impactos ambientales generados en la etapa constructiva.

Los impactos potenciales que se generarán durante esta etapa se analizan a continuación, y de acuerdo a lo obtenido en la matriz de valoración de impactos:

RUIDO. Se estima que la afectación por el incremento de los niveles de presión sonora sobre el predio será mínima con una extensión parcial e intensidad media. Además, se considera temporal, ya que solamente permanecerá durante el tiempo en que se lleven a cabo la construcción de obras pretendidas; por otra parte, será recurrente (efecto periódico), ya que pretende realizarse por etapas. Sin embargo, estos serán reversibles y mitigables.

AIRE. El principal efecto adverso lo tendrá la agregación de gases de combustión que sean utilizados durante la etapa constructiva, provenientes de vehículos pesados y equipos que funcionan con combustibles (diésel o gasolina), los cuales generan emisiones de NO x, CO, SO_2, partículas e hidrocarburos. Por la magnitud de estas obras y debido a que se encuentra aledaño a la carretera federal, se considera que el impacto será de intensidad media, extenso, inmediato, acumulativo, directo y periódico; sin embargo, es mitigable tomando las medidas adecuadas para evitar la máxima afectación.

AGUA. Las posibles afectaciones hacia el agua en esta etapa podrán ocurrir por el mal funcionamiento de la maquinaria, así como de algún derrame de aceite, diésel o gasolina; esto con una intensidad alta, extensa, permanente e irreversible. De manera periódica en el sitio donde se esté trabajando en ese momento, y de forma regular y discontinua, tratando de que la maquinaria esté presente sólo cuando sea necesario. Además, la calidad de agua subterránea recibirá un impacto negativo durante la impermeabilización, ya que evitará el paso libre del oxígeno y nutrientes. Sin embargo, con las medidas preventivas se trata que este impacto sea revertido a mediano plazo considerando de igual forma llevar a cabo los programas y medidas de mitigación propuestas para el presente proyecto.

SUELO. La afectación a este rubro fue valorada en una amplia extensión, siendo de intensidad alta, irreversible y permanente, ya que las acciones de la construcción de obras no permitirán la renovación del suelo que fue removido desde la etapa de preparación del sitio, y que dadas las características propias de las áreas de sellamiento no podrán ser recuperables, deshabilitando la capa de suelo natural.

FLORA. No se afectará vegetación en algún estatus de riesgo, por lo que esta actividad se considera ambientalmente compatible, ya que únicamente se removerá la vegetación herbácea que pudiese prosperar en las zonas que fueron limpiadas en la etapa preparativa y, además obras necesarias para la implementación del proyecto; sin embargo, este será un impacto bajo y puntual. Del mismo modo cabe señalar que posterior a la conclusión de la etapa constructiva se plantarán especies de flora sobre las áreas de conservación.

FAUNA. Por su parte la fauna silvestre que pudiese encontrarse en esta etapa del proyecto, se verá afectada de manera inmediata, tanto por la presencia de trabajadores, así como por la maquinaria, ocasionando un desplazamiento de la fauna potencialmente presente; sin embargo, este impacto se podría considerar como temporal debido a que poco a poco al disminuir el número de trabajadores y maquinaria, la fauna podría reintegrarse sobre las áreas con vegetación natural. Por último, cabe mencionar que los impactos en esta etapa podrán ser completamente mitigables hacia este grupo, tomando en cuenta todas las indicaciones que se les dé a las empresas encargadas de la construcción, dándoles la debida capacitación. Por lo es importante llevar a cabo actividades de rescate y reubicación de las especies susceptibles a ser afectadas.

PAISAJE. El paisaje en esta etapa será afectado de manera parcial, ya que las áreas necesarias para llevar a cabo el proyecto fueron modificadas significativamente en la etapa de preparación del sitio. Sin embargo, debido a que en esta etapa se realizará la construcción de las diferentes obras del proyecto, el impacto visual podría considerarse de intensidad alta y a largo plazo ya que al ser un proyecto habitacional este será usado por un largo periodo de tiempo por los propietarios.

SOCIO-ECONÓMICA. Por otra parte, un efecto benéfico que traerá el proyecto es la generación de trabajos de manera directa hacia la gente de los poblados y municipios cercanos, por lo que ocasionará un impacto positivo a las poblaciones cercanas, considerándolo de intensidad alta y de forma inmediata cuando de inicio a las labores de construcción.

V.3.3. Evaluación de los Impactos Durante la Etapa de Operación y Mantenimiento

Tabla IV.9. Impactos ambientales generados en la etapa de Operación y Mantenimiento.

Tipología de impactos	Criterios de Evaluación de Impactos		Impactos Ambientales Esperados							
			Ruido	Aire	Agua	Suelo	Flora	Fauna	Paisaje	Socioeconómica
Intensidad (IN)	Baja	1	1	1	1	1	1	1		1
	Media	2							2	
	Alta	4								
	Muy alta	8								
	Total	12								
Extensión (EX)	Puntual	1				1	1			1
	Parcial	2		2	2			2	2	
	Extenso	4	4							
	Total	8								
	Critica	(+4)								
Momento (MO)	Largo plazo	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Medio plazo	2								
	Inmediato	4								
	Critico	(+4)								
Persistencia (PE)	Fugaz	1					1			1
	Temporal	2		2	2	2		2		
	Permanente	4	4						4	
Reversibilidad (RV)	Corto plazo	1								1
	Medio plazo	2	2	2	2	2	2	2		
	Irreversible	4							4	
Sinergia (SI)	Sin sinergismo	1								
	Sinérgico	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Muy sinérgico	4								
Acumulación (AC)	Simple	1				1	1	1		1
	Acumulativo	4	4	4	4				4	
Efecto (EF)	Indirecto	1		1	1	1	1	1		
	Directo	4	4						4	4
Periodicidad (PR)	Irregular y discontinuo	1				1	1		1	1
	Periódico	4	4	4	4			4		
Recuperabilidad (MC)	De manera inmediata	1			1	1	1	1		1
	A mediano plazo	2	2	2					2	
	Mitigable	4								
	Irrecuperable	8								
Naturaleza	Impacto beneficioso	+								+
	Impacto perjudicial	-	-	-	-	-	-	-	-	
Importancia (I)	I = ± (3IN + 2EX + MO		34	25	24	16	15	21	32	17

Tipología de impactos	Criterios de Evaluación de Impactos	Impactos Ambientales Esperados							
		Ruido	Aire	Agua	Suelo	Flora	Fauna	Paisaje	Socioeconómica
	+ PE + RV + SI + AC +								
Característica	Ambiental crítico (> 75)								
	Ambiental Severo (51-75)								
	Ambiental Moderado (25-50)	■	■					▰	
	Ambiental Compatible (<25)			■	■	■	■		▰

Como se puede observar, los impactos identificados fueron ocho, de los cuales tres son considerados ambientalmente moderados 3 (37%), y los cinco restantes (63%) fueron considerados ambientalmente compatibles.



Gráfico IV.3. Porcentaje de los impactos ambientales generados en la etapa operativa.

Los impactos potenciales que se generarán durante esta etapa se analizan a continuación de acuerdo a la matriz de valoración de impactos:

RUIDO. En cuanto a la generación de ruido se prevé una afectación baja y a largo plazo debido a que los propietarios generarán ruido vehicular, sin embargo, el impacto por ruido será periódico y se encontrará de acuerdo a los límites establecidos por la norma para zonas habitacionales.

AIRE. Se espera que algunos vehículos sigan circulando, sin embargo, estos serán los mínimos y solamente serán utilizados por los propietarios de la vivienda, así como por el personal contratado para la vigilancia y mantenimiento del sitio.

AGUA. En la etapa operativa, las afectaciones al agua de acuerdo a la evaluación realizada están consideradas como compatibles, debido a que no habrá alguna actividad que pudiese ocasionar una afectación importante al manto acuífero, las actividades que se realicen durante esta etapa serán completamente mitigables y podrán hasta cierto punto evitarse con la correcta aplicación de los programas de vigilancia.

SUELO. El área que ocupará el proyecto será modificada durante las etapas de preparación del sitio y construcción. Sin embargo, como medida de compensación se pretende llevar a cabo una replantación de especies nativas que a largo plazo podrá recuperar áreas verdes y el área de conservación, así como el suelo de los mismos, revirtiendo algunos impactos y compensado la pérdida que se causó durante las anteriores etapas, inclusive mejorando la calidad del suelo con la que se cuenta actualmente.

FLORA. En esta etapa del proyecto se espera que los impactos sean poco significativos, ya que se trata de un ambiente transformado, por lo que únicamente se realizarán podas y limpieza, trayendo en sí, efectos benéficos a la flora existente, debido a los trabajos de mantenimiento. De manera que éste será puntual y reversible a largo plazo. Por otra parte, para compensar y mitigar las actividades antes realizadas, se llevarán a cabo actividades de jardinería con siembra de especies comunes de la zona costera y con especies de la región, esto con la finalidad de contribuir en la repoblación de flora sobre las áreas del proyecto.

FAUNA. El ambiente transformado se convertirá en el hábitat de fauna nativa que haya permanecido sin afectación durante los trabajos (reptiles) o que hayan regresado al sitio (aves); lo cual se considera de alguna manera benéfico. Por otra parte, la fauna que se verá afectada en esta etapa del proyecto será mínima, ya que los accidentes que pudiesen ocurrir serían mediante atropellamiento con los vehículos de los residentes, sin embargo, este impacto podría ser mitigado con la colocación de señalamientos sobre las áreas de conservación o donde se considere pueda haber una mayor probabilidad de incidencias de afectación sobre dichas especies, constituyéndose en un impacto adverso, poco significativo, puntual, fugaz, reversible y mitigable.

PAISAJE. La afectación al paisaje de acuerdo al análisis realizado se considera como ambientalmente moderado, debido a las estructuras y diversas construcciones con las que contará el proyecto por tiempo indefinido.

SOCIO-ECONÓMICA. Por la parte de generación de empleos, aunque será lo mínimo requerido, se prevé que será necesaria la contratación de trabajadores para actividades de vigilancia, limpieza y mantenimiento de las áreas del proyecto, por lo que la población cercana podrá verse beneficiada con esta actividad, trayendo consigo mejoras.

IV.4 CONCLUSIONES

El sistema ambiental previo a la construcción del proyecto presenta un estado ambientalmente compatible considerando las características de la zona. Si bien, existe un impacto negativo en la fase de construcción por actividades de cimentación, en general el proyecto en conjunto presenta una valoración positiva, que al efectuar el análisis se revierte por los efectos adversos al suelo y la vegetación. La carencia de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 hace suponer que no se tendrán impactos negativos sobre la biodiversidad. Así mismo, en torno al medio socioeconómico, el resultado final es positivo para las tres etapas del proyecto.

Durante las actividades de limpieza del sitio se generarán los mayores impactos negativos y moderados sobre el suelo y la vegetación, pero pueden verse mitigados a través de la creación y permanencia de un área de conservación.

De igual manera, se alterará la calidad del aire por los polvos y emisiones generados a la atmósfera, aunque éstos serán impactos bajos, temporales, reversibles y puntuales, por afectar solamente el área que incide el proyecto. Sin embargo, a través de la ejecución de medidas de mitigación, como el humedecimiento del terreno y el mantenimiento a la maquinaria previo a su operación, el impacto puede ser nulo o poco significativo.

La valoración final de los impactos ocasionados resulta ser positiva en términos generales, adjudicada principalmente al aspecto económico y social, debido a la generación de empleos, el aumento en el nivel de consumo por cada una de las actividades y principalmente, por la oportunidad de que la población firme o incremente su patrimonio familiar.

Durante las diferentes etapas del proyecto con la aplicación y ejecución de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas, las actividades que se realizarán no pondrán en riesgo la estabilidad del sistema ambiental, por lo que el proyecto se considera compatible y ambientalmente viable para su ejecución, considerando su ubicación, niveles de impacto existentes en el predio actualmente, así como las características del paisaje; condicionado a la aplicación de medidas de mitigación o compensación de los impactos generados en cada etapa del proyecto que se indican en el **Capítulo VI**.

IV.5 MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Después de analizar y evaluar los impactos generados en cada uno de los recursos del medio natural, se plantean las estrategias para la prevención y mitigación de los impactos detectados, por la realización de las actividades inherentes al proyecto.

Es conveniente mencionar que los impactos generados en cada una de las etapas del desarrollo del proyecto, son factibles de ser previstos además de ser mitigables; y en algunos casos van a generar un cambio positivo en la situación actual, como es el caso de las condiciones socioeconómicas de la región.

De acuerdo con la evaluación del Capítulo V, los impactos se centraron principalmente en la preparación del sitio y su construcción, también se observaron impactos para la operación, pero en menor grado, por lo que en este apartado se especificarán puntualmente los impactos a mitigar con base en el análisis realizado de ellos. Para esto se evaluó la periodicidad, la intensidad, la extensión, la temporalidad, su persistencia o duración, su sinergia, su acumulación, su capacidad de recuperación, su controversia y su mitigación. Este análisis también sirvió para proporcionar el nivel de incidencia que se tendría al aplicar las medidas de mitigación que se proponen.

IV.6 CLASIFICACIÓN DE MEDIDAS

Las medidas que son agrupadas dentro de la palabra "Mitigación" buscan moderar, aplacar o disminuir su efecto negativo hacia el ambiente. Sin embargo, estas medidas pueden ser de los siguientes tipos:

1) **de Prevención**. Aquellas obras o acciones tendientes a evitar que el impacto se manifieste.
2) **de Mitigación.** Aquellas obras o acciones propuestas para lograr que el factor ambiental bajo análisis se mantenga en una condición similar a la existente, siendo afectada lo menos posible por la incidencia del proyecto. Las medidas de mitigación que se contemplan para el proyecto son de tres tipos:
- **Ecológicas**, las cuales están orientadas a proteger y recuperar componentes naturales, cuyo deterioro produciría en el futuro costos ambientales mayores.
- **Económicas**, estas están enfocadas a proteger los recursos naturales de los que dependen varias actividades económicas.
- **Sociales**, están encaminadas a proteger a la población de daños a la salud, a su cultura y a su economía.

3) **de Compensación.** En lo que respecta a las medidas de Compensación, se puede definir como las acciones que se ejecutarán para resarcir el deterioro ocasionado por la obra o actividad proyectada pero que no están directamente relacionadas; o en otro caso, se realizan actividades de beneficio ambiental en un elemento distinto al afectado. Las medidas de compensación propuestas, pretenden resarcir y equilibrar los efectos del proyecto en cuestión al medio ambiente.

AGRUPACIÓN DE LOS IMPACTOS DE ACUERDO CON LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS

Las principales medidas presentadas para este proyecto, se describen para cada componente ambiental identificado, y para la etapa en la que se presenta; adicionalmente se dan los elementos para evidenciar el cumplimiento de las medidas. Es conveniente mencionar que algunas medidas son similares en dos o tres etapas del proyecto, por lo que las diferentes actividades planteadas pueden estar presentes en varios momentos del proyecto.

Se establecieron en el Capítulo V los componentes y factores ambientales que podrían ser impactados por la realización de la obra. Con base en ellos se establecerán las medidas de prevención, mitigación y compensación para el proyecto, en este caso se considera agrupado en cada componente los factores ambientales definidos en la evaluación de los impactos ambientales.

Las medidas propuestas se categorizan o abrevian de la siguiente manera:

Tabla IV.10. Simbología que se utilizará para categorizar las medidas propuestas.

TIPO DE MEDIDA	
Prevención	**P**
Mitigación	**M**
Compensación	**C**

ETAPA DEL PROYECTO	
Preparación del sitio	**PS**
Construcción	**CO**
Operación y Mantenimiento	**OM**

Las medidas siguientes están enfocadas a los siguientes componentes:

a) Componente Aire.
b) Componente Agua.
c) Componente Suelo.
d) Componente Flora Silvestre.
e) Componente Fauna Silvestre.
f) Componente Paisaje

IV.7 DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS O PROGRAMAS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL.

A continuación, se presentan las medidas mencionando su tipo, los componentes ambientales afectados, las etapas del proyecto en donde ocurrirán y el seguimiento que se le dará:

IV.7.1 MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL COMPONENTE AMBIENTAL AIRE

ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	**SEGUIMIENTO**		
El equipo, vehículos y maquinaria utilizados durante la etapa preparación de sitio y construcción deberán contar con mantenimiento previo al ingreso al área del proyecto.	• Llevar a cabo el procedimiento de supervisión ambiental (Ver anexo 5). • Bitácora de mantenimiento de vehículos y maquinaria.		
ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	**SEGUIMIENTO**		
Los camiones que transporten material pétreo al área del proyecto, deberán contar con lonas que eviten la dispersión de polvos, o bien humedecer el material para el traslado.	• Supervisión en campo. • Evidencia fotográfica de uso del equipo y aplicación de medidas.		
ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	**SEGUIMIENTO**		
Se deberán realizar riegos periódicamente en los caminos más transitados. Esto para evitar la dispersión de los polvos a la atmósfera.	• Supervisión en campo. • Evidencia fotográfica de cumplimiento de medidas.		
ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	

TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	**SEGUIMIENTO**		
En las áreas de trabajo se deberán colocar contenedores de almacenamiento de residuos sólidos urbanos, estos deberán tener tapas y estar debidamente rotulados.	• Supervisión en campo. • Evidencia fotográfica de cumplimiento de medidas.		
ETAPA DEL PROYECTO	**PS**	**CO**	
TIPO DE MEDIDA	**P**		
MEDIDA	**SEGUIMIENTO**		
El depósito de residuos debe estar techado, sirviendo como sitio para el almacenamiento temporal, hasta su traslado a un sitio de disposición final.	• Supervisión en campo y evidencia fotográfica • Facturas de disposición final de residuos.		
ETAPA DEL PROYECTO	**PS**	**CO**	**OM**
TIPO DE MEDIDA	**P**		
MEDIDA	**SEGUIMIENTO**		
Queda estrictamente prohibido la quema de residuos en el área de trabajo. Estos deben retirarse periódicamente para ser enviados a sitios autorizados.	• Disposición final de residuos en el relleno sanitario más cercano. • Facturas o recibo correspondiente de disposición final de residuos. • Toma de fotografías del manejo y disposición de los residuos.		

IV.7.2 MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL COMPONENTE AMBIENTAL AGUA

ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	
TIPO DE MEDIDA		**M**	
MEDIDA	**SEGUIMIENTO**		
El agua para consumo de los trabajadores, procederá de bidones proveídos por la constructora.	• Fotografías del suministro de agua. • Facturas de compra del recurso.		
ETAPA DEL PROYECTO	**PS**	**CO**	**OM**
TIPO DE MEDIDA			**C**
MEDIDA	**SEGUIMIENTO**		
El proyecto mantendrá un área de conservación con vegetación nativa y suelo natural, así como áreas verdes, que permitan la filtración del recurso hacia el acuífero de la zona. Lo anterior se realizará para no comprometer la calidad y la cantidad en la captación del acuífero de la zona. La precipitación pluvial sé evapotranspira (80 %) y el resto se infiltra al subsuelo a través de fracturas, oquedades y conductos de disolución de las calizas, siguiendo diferentes trayectorias de flujo, controladas principalmente por el desarrollo del carst.	• Supervisión en campo. • Delimitación de las áreas. • Memoria fotográfica de las actividades llevadas a cabo en campo.		

Dado que la infiltración es rápida, la superficie de dichas áreas permitirá la recarga del acuífero en la zona.			
ETAPA DEL PROYECTO	**PS**	**CO**	
TIPO DE MEDIDA	**P**		
MEDIDA	**SEGUIMIENTO**		
Habilitar sanitarios móviles (letrinas) en el área de trabajo (a razón de 1 por cada 15 trabajadores), a los cuales se les brindará mantenimiento preventivo periódico de manera que se asegure su óptima operación y se evite infiltraciones al subsuelo y contaminación al agua, los cuales serán para uso obligatorio de todos los trabajadores.	• Factura de renta de letrinas. • Evidencia fotográfica de sanitarios portátiles. • Supervisión de su uso en campo.		
ETAPA DEL PROYECTO	**PS**	**CO**	
TIPO DE MEDIDA	**P**		
MEDIDA	**SEGUIMIENTO**		
Los sanitarios deberán ser distribuidos en los frentes de trabajo, de tal manera que el personal tenga acceso a ellos en cualquiera de las áreas en las que se encuentre laborando, y se deberán colocar letreros que promuevan su uso.	• Evidencia fotográfica de la distribución de letrinas y supervisión de campo.		
ETAPA DEL PROYECTO	**PS**	**CO**	
TIPO DE MEDIDA	**P**		
MEDIDA	**SEGUIMIENTO**		
Queda prohibido el depósito de cualquier tipo de residuo sólido o peligroso en suelo natural, incluyendo los restos de pintura, así como cualquier material impregnado con éstos. Cada unidad deberá contar con equipo, materiales y recipientes para contener probables derrames o goteos.	• Supervisión de campo • Capacitación de personal • Aplicación del procedimiento de manejo de residuos peligrosos.		
ETAPA DEL PROYECTO	**PS**		**OM**
TIPO DE MEDIDA	**P**	**M**	
MEDIDA	**SEGUIMIENTO**		
Durante la etapa de operación del proyecto, las aguas residuales generadas por las viviendas serán conducidas a sistemas individuales de tratamiento DLD14 (SITAR), los cuales funcionan mediante procesos biológicos anaerobios y sedimentación de alta tasa, favoreciendo la degradación de la materia orgánica y la retención de sólidos suspendidos. Estos sistemas permiten reducir la carga contaminante de las aguas residuales antes de su disposición final, contribuyendo a disminuir el riesgo de contaminación del suelo y del manto acuífero. Su instalación,	• Supervisión en campo. • Memoria fotográfica de Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales utilizado.		

operación y mantenimiento se realizarán conforme a las especificaciones del fabricante y considerando las características del terreno, la profundidad del nivel freático y las condiciones ambientales del sitio, a fin de prevenir afectaciones al acuífero y al entorno natural.	

IV.7.3 MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL COMPONENTE AMBIENTAL SUELO

ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	OM
TIPO DE MEDIDA			C
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
Se mantendrán un área de conservación que permitirán la permanencia del suelo natural y vegetación nativa, así como áreas verdes, que permitirán la infiltración y recarga del acuífero de la zona del proyecto.	• Supervisión en campo. • Delimitación de las zonas de limpieza y de áreas verdes y de conservación. • Memoria fotográfica de las actividades.		
ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
Capacitación de personal operativo y de supervisión en el manejo de residuos.	• Temario de capacitación. • Memoria fotográfica de la capacitación.		
ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	
TIPO DE MEDIDA		M	
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
Los residuos derivados de la limpieza y excavaciones, será utilizado para rellenar en donde lo amerite. En ningún momento se dispondrá el material sobre vegetación nativa. Debido a la poca generación de este tipo de residuos, se reusará cerca la totalidad del mismo.	• Supervisión en campo • Memoria fotográfica		
ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
El equipo, vehículos y maquinaria utilizados para el proyecto, deberán contar con mantenimiento previo al ingreso al área del proyecto para evitar cualquier derrame, fuga o goteo de diésel sobre el suelo. Cada unidad vehicular deberá contar con equipo, materiales y recipientes para contener probables derrames o goteos.	• Supervisión ambiental. • Memoria fotográfica. • Facturas de talleres. • Bitácora de mantenimiento por vehículo.		

ETAPA DEL PROYECTO	**PS**	**CO**	
TIPO DE MEDIDA	**P**		
MEDIDA	**SEGUIMIENTO**		
Se deberá contar con sanitarios móviles (a razón de 1 por cada 15 trabajadores) en el área de trabajo, a los cuales se les brindará mantenimiento preventivo periódico, de manera que se asegure su óptima operación y se evite infiltraciones al suelo y al manto acuífero, los cuales serán para uso obligatorio de todos los trabajadores.	• Supervisión ambiental • Memoria fotográfica • Facturas de renta de los sanitarios		
ETAPA DEL PROYECTO	**PS**	**CO**	**OM**
TIPO DE MEDIDA		**M**	
MEDIDA	**SEGUIMIENTO**		
Se definirá un área para el almacenamiento temporal de los residuos y se separarán por categorías en recipientes o áreas especiales, de igual manera se fomentará el reciclaje, reúso o aprovechamiento de residuos, incluyendo de manejo especial (cartón, madera, metales, papel, residuos de jardinería) y de tipo peligroso durante cada etapa del proyecto) y se registrará para control y seguimiento ante las autoridades correspondientes.	• Supervisión en campo de la aplicación del procedimiento de manejo de residuos sólidos urbanos (anexo 5). • Presentar la memoria fotografía de la rotulación de los recipientes, ubicación y funcionamiento de los mismos.		
ETAPA DEL PROYECTO	**PS**	**CO**	
TIPO DE MEDIDA	**P**		
MEDIDA	**SEGUIMIENTO**		
Se evitará y supervisará que no se realice disposición inadecuada de aceites, combustibles, u otros elementos contaminantes durante todas las etapas del proyecto.	• Supervisión ambiental. • Memoria fotográfica.		
ETAPA DEL PROYECTO			**OM**
TIPO DE MEDIDA		**M**	
MEDIDA	**SEGUIMIENTO**		
Al concluir la obra se deberá limpiar y retirar todo el material utilizado, este será dispuesto en los almacenes de las constructoras y en el caso de los residuos se dispondrán en el sitio de disposición final autorizado por la autoridad municipal.	• Fotografías de las áreas del proyecto completamente limpias.		

IV.7.4 MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL COMPONENTE AMBIENTAL FLORA SILVESTRE

ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
Las actividades de limpieza se limitarán a las áreas solicitadas y autorizadas para este estudio. Se deberá tener cuidado de no afectar las raíces de plantas que no queden inmersas en el área de afectación	• Supervisión ambiental • Memoria fotográfica		
ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	OM
TIPO DE MEDIDA			C
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
En el área de conservación del proyecto, se permitirá la permanencia de vegetación natural, evitando remover el suelo y permitiendo la infiltración y recarga del acuífero de la zona del proyecto.	• Supervisión ambiental. • Memoria fotográfica. • Delimitación de las zonas de limpieza o en las cuales se removerá vegetación.		
ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
No realizar la quema o la eliminación de los residuos vegetales mediante el empleo de productos químicos.	• Supervisión en campo. • Evidencia fotográfica del retiro de vegetación en áreas autorizadas.		
ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
Queda estrictamente prohibida la extracción de la vegetación de importancia, o partes de las mismas, para su aprovechamiento, venta o cualquier otro tipo de explotación.	• Supervisión en campo.		
ETAPA DEL PROYECTO	PS		
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
Por las actividades de retiro de vegetación o retiro de maleza, se verificará si existe alguna susceptible de importancia para su rescate y reubicación	• Supervisión en campo. • Evidencia fotográfica.		

IV.7.5 MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL COMPONENTE AMBIENTAL FAUNA SILVESTRE

ETAPA DEL PROYECTO		CO	OM
TIPO DE MEDIDA		M	
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
Con el fin de garantizar la conectividad de la vegetación entre los predios colindantes que permitan la movilidad de la fauna, el proyecto contempla la permanencia de un área de conservación en un solo bloque, con suelo y vegetación natural, así como áreas verdes, que permitirán la continuidad de los elementos naturales que sirvan de refugio a especies de fauna. Además, se evitará el cercado con bardas perimetrales que afecten el flujo continuo de las especies de fauna, de un predio a otro. Por lo que se realizara un cerco natural de bahareque que mantendrá espacio suficiente para que la fauna pueda transitar, así como también que se adapta al paisaje natural, por lo cual dicha fauna también puede adaptarse a esta misma.	• Supervisión en Campo. • Evidencia fotográfica de la delimitación del área de conservación del proyecto. • Evidencia de cercado con estacas o mallas ciclónicas que garanticen la circulación de especies de fauna silvestre de un predio a otro.		
ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	OM
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
Queda prohibida la extracción o caza de la fauna nativa del sitio, o partes de las mismas, para su aprovechamiento, venta o cualquier otro tipo de explotación.	• Platicas informativas y de concientización acerca de la importancia de las especies de fauna silvestre dentro del ecosistema. • Supervisión en campo del cumplimiento de la protección de las especies de fauna silvestre.		
ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	
TIPO DE MEDIDA		M	
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
Se deberán delimitar las áreas de afectación, así mismo, se deberá revisar previo a cualquier actividad de maquinaria pesada e incluso durante el uso de las mismas, la presencia de nidos o madrigueras activas, para en su caso reubicar o ahuyentar a la fauna silvestre susceptible de afectación. Por otro lado, se debe evitar la destrucción o perturbación de los sitios de anidación de aves o madrigueras en áreas adyacentes a la superficie de afectación	• Supervisión en campo. • Evidencia fotográfica de los señalamientos preventivos para evitar la afectación de la fauna.		

ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	
TIPO DE MEDIDA		M	
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
Los trabajos de retiro de vegetación y construcción de obras, se realizarán paulatinamente conforme al avance de la obra para permitir una salida gradual de la fauna hacia sitios menos perturbados y fuera de todo peligro. En áreas aledañas mejor conservadas se podrán reubicar a las especies que se capturen.	• Supervisión en campo. • -Memoria fotográfica de las actividades llevadas a cabo. • Supervisión en campo y aplicación del programa de acción para la protección de la fauna silvestre (Ver Anexo 6 de este estudio).		

IV.7.6 MEDIDAS PROPUESTAS PARA EL COMPONENTE AMBIENTAL MODIFICACIÓN DEL PAISAJE

ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	OM
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
Colocar contenedores suficientes y adecuadamente identificados para disponer en ellos los residuos que se generen.	• Implementación del procedimiento de manejo de residuos sólidos (ver Anexo 5). • Reporte fotográfico de las visitas al sitio seleccionado con objeto de constatar el cumplimiento de las medidas propuestas		
ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
La limpieza del área deberá realizarse después de terminada la jornada laboral. Dichos materiales deberán ser dispuestos en las áreas autorizadas para tal efecto.	• Supervisión en campo. • Memoria fotográfica.		
ETAPA DEL PROYECTO	PS		
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
Se deberá colocar un señalamiento de tamaño adecuado que indique que está prohibido tirar o disponer residuos de cualquier tipo.	• Supervisión en campo. • Memoria fotográfica		

IV.7.7 MEDIDAS APLICABLES AL DISEÑO DEL PROYECTO POR SU PRETENDIDA UBICACIÓN EN ZONA CON ALTO GRADO DE PELIGRO POR RIESGO DE INUNDACIONES

ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
Señalar rutas de evacuación (con flechas que indiquen el camino hacia zonas de seguridad interna y externa) de tal modo que permitan su visibilidad desde cualquier ángulo y a una altura visible para todas las personas.	• Supervisión de campo • Reporte fotográfico		
ETAPA DEL PROYECTO		CO	OM
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
Efectuar actividades de mantenimiento y/o supervisión a los materiales utilizados en la construcción de las instalaciones.	• Supervisión en campo. • Memoria fotográfica.		
ETAPA DEL PROYECTO		CO	OM
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
Reforzar las estructuras de la vivienda y de las instalaciones (columnas, muros, etc.)	• Supervisión en campo. • Memoria fotográfica		
ETAPA DEL PROYECTO	PS	CO	OM
TIPO DE MEDIDA	P		
MEDIDA	SEGUIMIENTO		
Se deberá proporcionar al personal el equipo de protección personal (botas, guantes, tapones auditivos, etc.) según los requerimientos de las actividades que se realicen, para su uso permanente.	• Fotografías del uso del equipo de protección		

Cabe señalar que todo esto será llevado a cabo en conjunto con los procedimientos y programas aplicables a la obra anexos a este estudio (**Ver anexo 5**).

- Procedimiento de manejo de residuos sólidos urbanos (**Anexo 5**).
- Procedimiento de manejo de residuos peligrosos (**Anexo 5**).
- Procedimiento de supervisión ambiental (**Anexo 5**).
- Programa de acción para la protección de flora y fauna silvestre. (**Anexo 6A y 6B).**

MEDIDAS ADICIONALES:

- Se deberán colocar señalamientos visibles sobre las actividades prohibidas a realizar dentro del área del proyecto, como, por ejemplo: prohibido cazar o extraer fauna y flora, prohibido realizar fogatas, prohibido tirar basura, etc.
- Capacitación del personal operativo para el buen desempeño laboral y evitar accidentes, así como con servicios de atención y equipamiento contra eventualidades menores.
- Se deberá proporcionar al personal el equipo de protección personal (botas, guantes, tapones auditivos, etc.) según los requerimientos de las actividades que se realicen, para su uso permanente.
- En el área de almacén deberá existir un botiquín de primeros auxilios, para la atención de algún accidente menor.
- El almacén deberá incluir extintores y desarrollar un procedimiento para la atención y combate contra incendios menores. Se implementará la revisión mensual de los extintores para mantenerlos en condiciones de operatividad.
- Se colocarán cintas restrictivas de paso hacia áreas críticas cuando el proyecto se encuentre desarrollándose en las inmediaciones.

IV.8 IMPACTOS RESIDUALES

Los impactos residuales representan el efecto que permanece en el ambiente después de aplicar las medidas preventivas o de minimización de impactos. El ambiente, visto como el ecosistema donde vive el ser humano, es un sistema de relaciones donde es imposible cambiar alguna cosa sin alterar otras. En este sentido es que, a pesar del cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación o compensación propuestas en el presente manifiesto, se generarán algunos impactos residuales. Sin embargo, para reducir al máximo estos impactos es necesario que se genere un Programa de Vigilancia Ambiental para el respectivo cumplimiento de las medidas preventivas, de mitigación y compensación y a su vez se nombre un Representante Ambiental que vigile dicho cumplimiento para elaborar y gestionar los informes periódicos ante la SEMARNAT y PROFEPA ya que su incumplimiento también amerita sanciones, multas y hasta la clausura de los permisos. Los impactos residuales identificados a través del respectivo análisis se describen a continuación:

- La sustitución del sustrato natural por concreto, que impermeabilizará porciones del predio.
- Consecuentemente, disminución de un área con vegetación.

Por lo que es relevante asegurar la permanencia y fomento del área de conservación en un solo bloque dentro del predio, así como las áreas verdes. En todos los casos, el impacto en la zona viene a ser sinérgico y acumulativo, no atribuible exclusivamente al proyecto debido a la existencia de diversa infraestructura urbana y de servicios que han impactado previa y actualmente los alrededores del área. Para el correcto cumplimiento de las medidas de mitigación aquí emitidas, se deberá de ejecutar un programa de supervisión de la acción u obra de mitigación (anexo 5). Se supervisará el cumplimiento de las medidas de mitigación mediante inspección visual (supervisión ambiental), con el objetivo de que se cumplan las condicionantes emitidas en este documento.