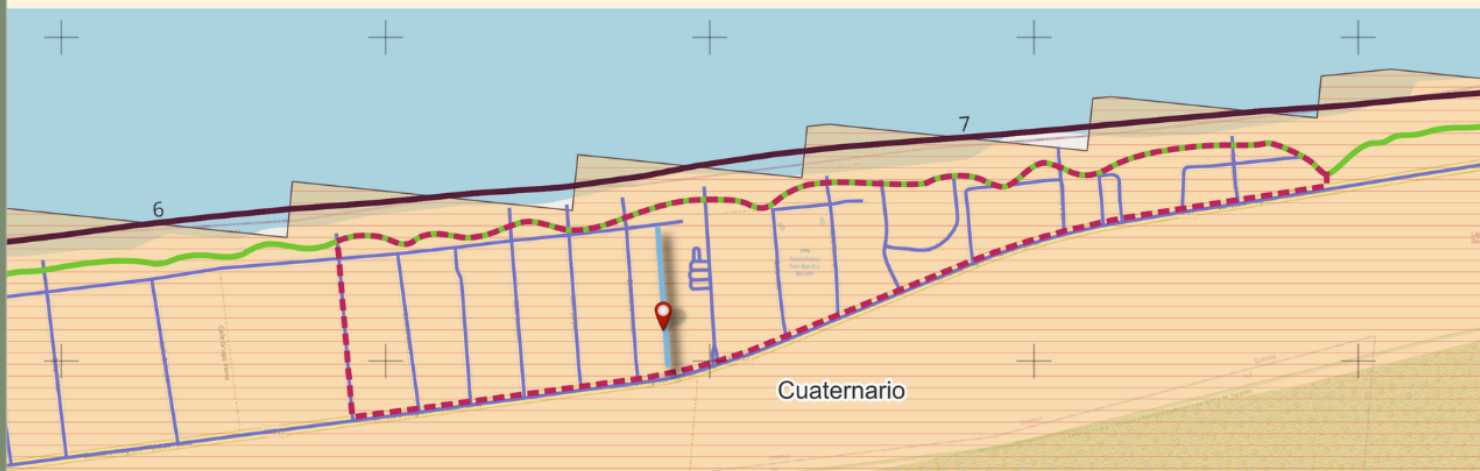
# MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL RESUMEN EJECUTIVO

## PROYECTO: VILLAS ARENAL

## DZEMUL, YUCATÁN

## SEPTIEMBRE, 2026



# TABLA DE CONTENIDO

***1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE, DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ..... 5***

**1.1. Datos generales del proyecto ..... 5**

1.1.1 Nombre del proyecto ..... 5

**1.2. Datos del promovente ..... 5**

1.2.1. Nombre o razón social del promovente ..... 5

**1.3. Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental ..... 5**

1.3.1. Nombre del responsable del estudio ..... 5

1.3.2. Cédula profesional ..... 5

**1.5. Ubicación del proyecto ..... 5**

**1.6. Descripción específica de obras y actividades incluyendo obras complementarias 7**

1.6.1. Programa de trabajo ..... 8

1.6.2. Descripción de actividades por etapa ..... 9

**1.7. Inversión requerida ..... 11**

1.8. Características particulares del proyecto ..... 11

***2. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIEBTAL Y, EN SU CASO CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO ..... 14***

**2.1. Análisis de documentos normativos ..... 14**

2.1.2. Programas de ordenamiento ecológico ..... 14

***3. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA ..... 44***

**3.1. Delimitación de la Región Ecológicas de acuerdo con las características y alcances del proyecto ..... 44**

3.1.1. Criterios para la delimitación ..... 44

**3.2. Delimitación y aspecto generales de la región ecológica ..... 44**

**3.3. Descripción de tipos de suelo y vegetación presente en la región ecológica ..... 46**

3.3.1. Tipos de suelo en la región ecológica ..... 46

3.3.4. Uso de suelo y vegetación en la región ecológica ..... 47

3.3.5. Especies potenciales ..... 47

**3.5. Análisis de componentes ambientales al interior de la región ecológica ..... 48**

3.5.1. Componentes bióticos ..... 48

**3.6. Diagnóstico ambiental ..... 58**

***4. IDENTIFICAIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN ..... 60***

4.1.1. Caracterización de los impactos ..... 61

4.1.3. Metodología para evaluar impactos ambientales ..... 63

**4.3. Conclusión integral del Manifiesto de Impacto Ambiental ..... 71**

**Bibliografía ..... 75**

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

## 1.1. Datos generales del proyecto

El proyecto denominado "**VILLAS ARENAL**" plantea la construcción de un conjunto residencial localizado en la playa de San Benito en el municipio de Dzemul, Yucatán.

### 1.1.1 Nombre del proyecto

"VILLAS ARENAL"

## 1.2. Datos del promovente

### 1.2.1. Nombre o razón social del promovente

Promovente: Sergio Israel Gamboa Aguilar

## 1.3. Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental

### 1.3.1. Nombre del responsable del estudio

Pamela Esther Rodríguez Lara

### 1.3.2. Cédula profesional

[redacted]

## 1.5. Ubicación del proyecto

La ubicación del proyecto se pretende en el tablaje catastral 4967 perteneciente a la localidad de San Benito, del municipio de Dzemul; el predio evaluado se trata de un polígono delimitado por 4 vértices, el cual cuenta con una superficie de 2,600 $m^{2.}$ Por lo que a continuación, se presenta el mapa de ubicación específica del proyecto, con coordenadas geográficas (World Geodetic System 1984 WGS 84 y Universal Transversal Mercator UTM Zona 16N) como se muestra en la Tabla 1.

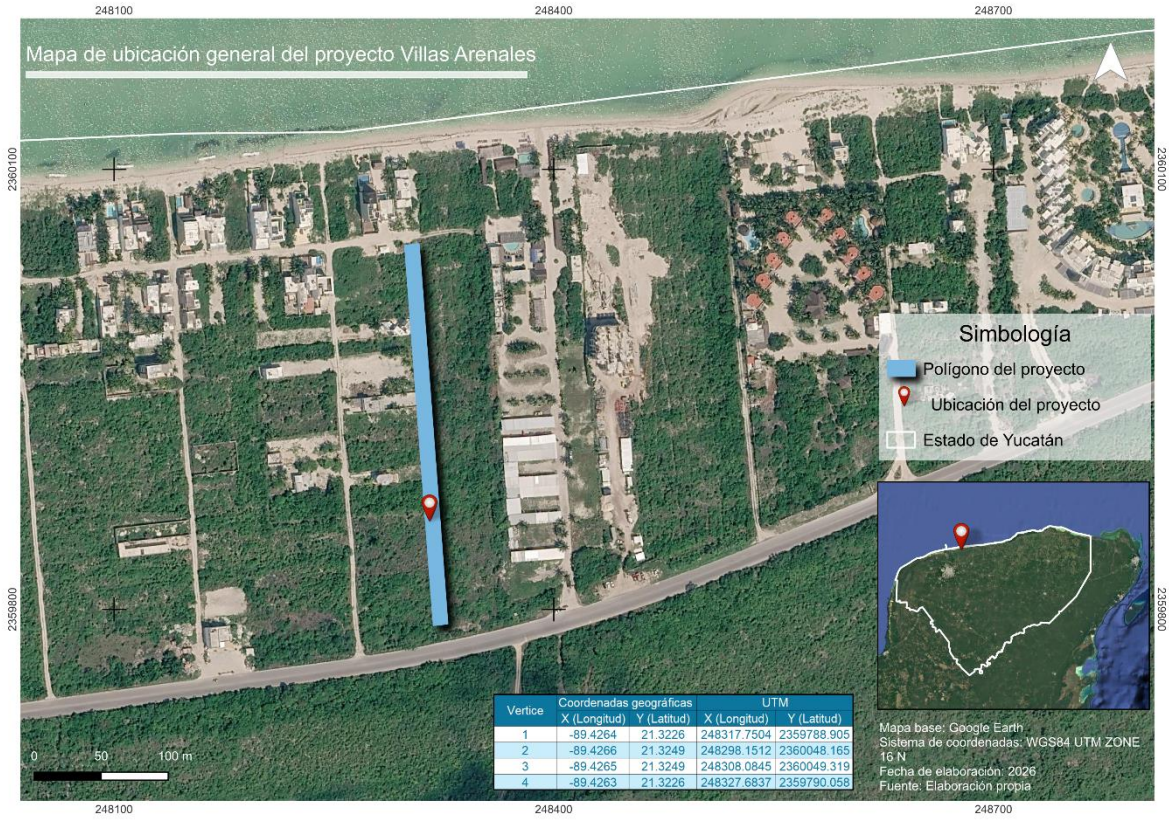



*Figura 1. Mapa de ubicación del proyecto*

*Tabla 1. Coordenadas del proyecto*

| CUADRO DE COORDENADAS DEL PROYECTO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| V | WGS 84 | | UTM Zona 16 N | |
| | Longitud (X) | Latitud (Y) | X | Y |
| 1 | -89.4264 | 21.3223 | 248317.7504 | 2359788.905 |
| 2 | -89.4266 | 21.3249 | 248298.1512 | 2360048.165 |
| 3 | -89.4265 | 21.3249 | 248308.0845 | 2360049.319 |
| 4 | -89.4263 | 21.3226 | 248327.6837 | 2359790.058 |

### 1.6. Descripción específica de obras y actividades incluyendo obras complementarias

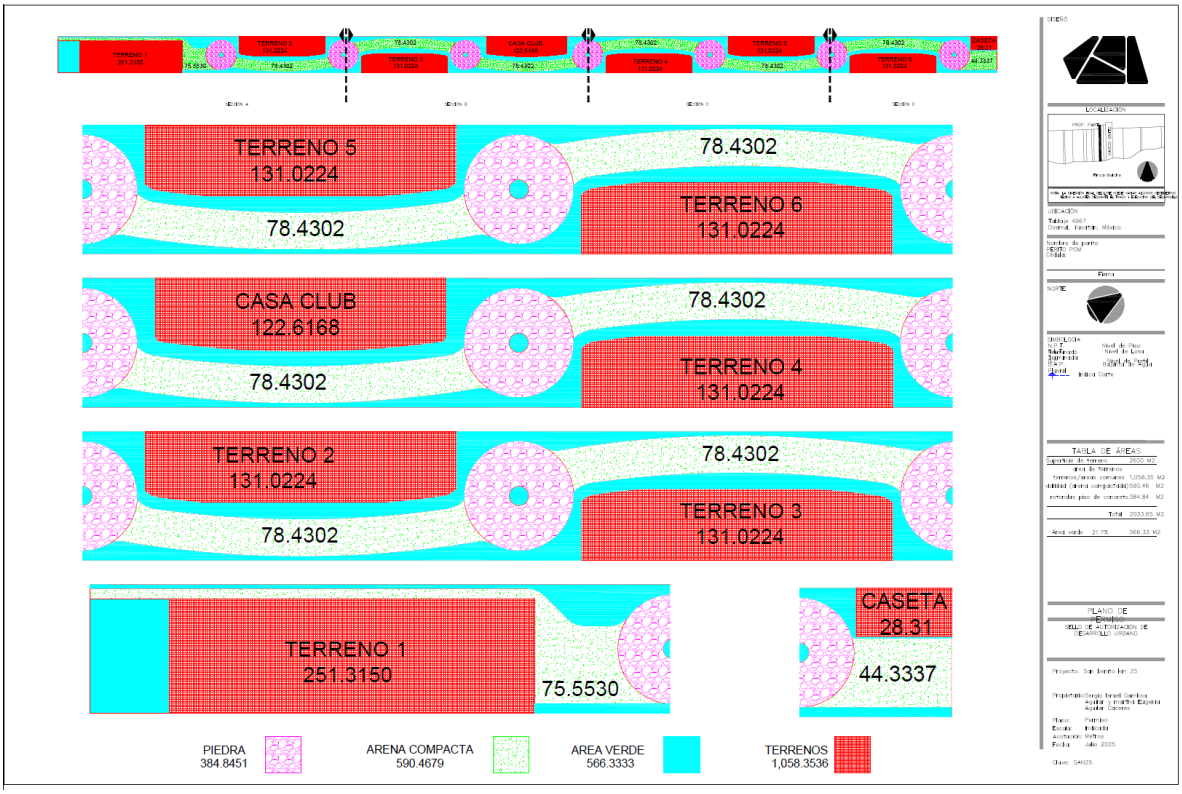



*Figura 2. Planos arquitectónicos del proyecto*

*Tabla 2. Cuadro de áreas del proyecto*

| CUADRO DE ÁREAS DEL PROYECTO | | | |
|---|---|---|---|
| **Rubro** | **Uso** | **m2** | **%** |
| Área aprovechable | Huella de edificio y servicios | 1,058.35 | 40.71% |
| | Vialidades (arena compacta) | 590.46 | 22.71% |
| | Circulaciones (concreto) | 384.84 | 14.80% |
| | *Subtotal* | *2,033.65* | *78.3%* |
| Área no aprovechable | Área verde | 566.33 | 21.78% |
| | *Subtotal* | *566.33* | *21.78%* |
| **TOTAL** | | **2,600** | **100.00%** |

Por otro lado, para la ejecución del proyecto se distinguen tres etapas que agrupan las actividades que serán programadas para iniciar la obra. Las etapas no solo ayudan en la gestión y planificación del proceso a seguir para el cumplimiento de los objetivos del proyecto; sino que, en la evaluación ambiental permite distinguir y precisar los impactos que cada actividad genera. Aunque existe una infinidad de etapas o rutas de ejecución de un proyecto, en la construcción de desarrollos inmobiliarios suelen distinguirse tres: preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento del proyecto.

*Tabla 3. Actividades programables por etapa del proyecto*

| ACTIVIDADES PROGRAMABLES DEL PROYECTO | |
|---|---|
| **Etapa** | **Actividad** |
| Preparación del sitio | Trazo y delimitación de las áreas de intervención |
| | Desmonte y despalme parcial |
| | Instalación de estructuras temporales |
| | Obras de nivelación y movimiento de tierras |
| Construcción | Obra civil (cimentación y edificación) |
| | Instalaciones y acabados |
| | Reforestación y habilitación de áreas verdes |
| | Inspección y limpieza general |
| Operación y mantenimiento | Comercialización y administración |
| | Ocupación del conjunto habitacional |
| | Mantenimiento general del complejo |

### 1.6.1. Programa de trabajo

El programa de ejecución del proyecto considera un plazo de 36 meses, sin embargo, por la naturaleza del proyecto, el tiempo de vida útil del proyecto es indefinido, y se podrá continuar su operación y habitabilidad siempre y cuando se conserven las áreas verdes, amenidades, acabado e instalaciones en correctas condiciones. Este proyecto pretende dar inicio cuando se cuente con todos los permisos correspondientes para su construcción y operación. A continuación, se presenta el programa de trabajo mediante un diagrama de

Gantt proyectado a 18 bimestres (36 meses), considerando jornadas laborales de 8 horas y 6 días por semana, quedando también dispuesto a factores ambientales e hidrometeorológicos que obliguen la interrupción de las obras.

*Tabla 4. Programa de ejecución de actividades del proyecto (diagrama de Gantt)*

| PROGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Etapa | Actividad | Tiempo de ejecución (bimestre) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Preparación del sitio | Trazo y delimitación de las áreas de intervención | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Desmonte y despalme parcial | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Instalación de estructuras temporales | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Obras de nivelación y movimiento de tierras | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Construcción | Obra civil (cimentación y edificación) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Instalaciones y acabados | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Reforestación y habilitación de áreas verdes | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Inspección y limpieza general | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Operación y mantenimiento | Comercialización y administración | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ocupación del desarrollo | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Mantenimiento general del complejo | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

## 1.6.2. Descripción de actividades por etapa

### *Preparación del sitio*

La preparación del sitio es la etapa en la que las actividades se enfocan a la adecuación del terreno a las condiciones deseadas para el inicio de la construcción u obra civil. En esta etapa se realizan estudios geotécnicos, topográficos y demás informes necesarios para evaluar y planear las actividades de la etapa constructiva. A continuación, se describen las actividades planteadas para la preparación del sitio.

a) Trazado y delimitación de las áreas de intervención

Se realiza el trazado tanto de los límites del predio como de las áreas según el cuadro de áreas del proyecto mediante equipo topográfico. En esta etapa igualmente se realiza la delimitación del área de conservación para que en ninguna actividad del proyecto se comprometa su estado. Por su parte, el brecheo se realizará de forma manual con herramienta ligeras.

b) Desmonte y despalme parcial

El desmonte es la remoción de la vegetación existente en las áreas que se destinen a instalaciones o edificaciones, entre otras, con el objeto de eliminar la presencia de material vegetal, impedir daños a la obra y mejorar la visibilidad. Cuando así lo indique el proyecto o lo ordene la Secretaría, en el desmonte se contempla el trasplante de especies vegetales representativas o contempladas. El desmonte a su vez se divide en cuatro fases de acuerdo con la normatividad de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte:

1. Tala; consiste en cortar árboles y arbustos en las áreas delimitadas. Para ello, se emplean excavadoras, retroexcavadoras y martillos hidráulicos en caso de que de ser requeridos por la dureza del suelo.
2. Roza; consiste en cortar y retirar la maleza, hierba, zacate o residuos de siembra.
3. Desraíce; consiste en sacar troncos o con o sin raíces.
4. Limpia y disposición final; consiste en retirar el producto del desmonte a un sitio de disposición final autorizado por la Secretaría.

El despalme es la remoción del material superficial del terreno, de acuerdo con lo establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría, con el objeto de evitar la mezcla de material de las terracerías con materia orgánica o con depósitos de material no utilizable. Se espera la remoción aproximada de 20 cm de espesor de materia orgánica mediante maquinaria pesada y posterior al desmonte del sitio. Debido a la fragilidad del ecosistema y el estado de conservación de la vegetación, únicamente se realizará el desmonte y despalme en la huella de construcción y circulación sin recubrimiento.

c) Instalación de estructuras temporales

Esta actividad se refiere a construcción de pequeñas bodegas de madera para el resguardo de equipo, la instalación de señalética en el acceso del proyecto y cercado delimitante del predio de acuerdo con el trazo topográfico previo; y demás obras provisionales.

d) Obras de nivelación y movimientos de tierra

Junto con el desmonte y despalme, esta actividad significa el mayor cambio físico de la etapa de preparación del sitio; pues estas obras se enfocan en modificar el estado natural del predio. En el caso de las obras de nivelación y movimientos de tierra, hace referencia a la excavación, acarreo, descarga y compactación de volúmenes de material pétreo a fin de aplanar y establecer el nivel de suelo deseado para la construcción del proyecto. El movimiento de tierras es realizado con maquinaria pesada se compone de las siguientes fases:

1. Excavación
2. Carga
3. Acarreo
4. Descarga

5. Extendido
6. Humectación o desecación
7. Compactación
8. Servicios auxiliares (refinos, sancos, etc.).

No se contempla uso de explosivos para los trabajos de excavación y formación de bancos de material pétreo.

### 1.7. Inversión requerida

De acuerdo con el diseño arquitectónico, requerimientos técnicos, constructivos, ambientales y el análisis financiero adaptado a la ubicación del proyecto, se estima que la inversión para la ejecución del proyecto es de $20,000,000.00 a los que se le adiciona 5% para costos de implementación de medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales.

*Tabla 5. Tabla de inversión del proyecto*

| DESCRIPCIÓN DE LA OBRA | MONTO POR OBRA |
|---|---|
| **Preparación del sitio** | $1,500,0000.00 |
| **Construcción** | $17,500,000.00 |
| **Operación y mantenimiento** | $1,000,000.00 |
| Prevención | $400,000.00 |
| Mitigación | $400,000.00 |
| Compensación | $200,000.00 |
| ***TOTAL*** | **$21,000,000.00** |

## 1.8. Características particulares del proyecto

Para facilitar y sintetizar los elementos que conforman el proyecto y las actividades planteadas anteriormente, se presenta la siguiente tabla resumen de características del proyecto.

*Tabla 6. Resumen de las características del proyecto*

| **TBLA RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO** | | | |
|---|---|---|---|
| Concepto | | Preparación del sitio y construcción | Operación y mantenimiento |
| Consumo de energía eléctrica | | 60 MWh | 48MWh/año |
| Consumo de agua | | 2,160 $m^3$ | 720 $m^3$ /año |
| Emisiones de gases de efecto invernadero | | 192.96 t CO2e | 32.16 t CO2e |
| Aprovechamiento de otros recursos naturales | | - | - |
| Generación de residuos | Peligrosos | - | - |
| | Manejo especial | 5.81 t | - |
| | Sólidos urbanos | 6.62 t | 625 kg/año |
| Descarga de agua residual y/o de proceso de descarga | | 432 $m^3$ | 576 $m^3$ /año |
| Superficies legales | | | |
| Superficie del predio o superficie total para el desarrollo (m2) | | 2,600 m2 | |
| Superficie de desplante de construcciones, obras y/o instalaciones | | Edificio y servicios | 1,058.35 m2 |
| | | Vialidades (arena compacta) | 590.46 m2 |
| | | Circulaciones (concreto) | 384.84 m2 |
| | | Total aprovechable | 2,033.65 m2 |

| | | |
|---|---|---|
| Superficie a intervenir sin construcciones o instalaciones proyectadas (m2) | Área verde | 566.33 m2 |
| Superficie total de vegetación (m2) | Existente | Por afectar |
| | 2,600 | 2,033.65 |
| Superficie de vegetación forestal | - | - |
| <Superficie por cada tipo de vegetación forestal | | |
| Tipo de vegetación 1 | | |
| Tipo de vegetación 2 | | |
| Tipo de vegetación n | | |
| Superficie de incidencia en cuerpos de agua | NO HAY CUERPOS DE AGUA | |
| Superficie de incidencia en Zona Federal | NO SE ENCUENTRA EN ZONA FEDERAL | |
| Superficie de incidencia en Zona Federal Marítimo Terrestre | NO SE ENCUENTRA EN EL ZOFEMTAT | |

# 2. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIEBTAL Y, EN SU CASO CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO

Este Manifiesto de Impacto Ambiental es cumplimiento de lo establecido en los artículos 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y 5º de su Reglamento en Material de Impacto Ambiental. Asimismo, por la naturaleza del proyecto es necesario realizar vinculación normativa con leyes y reglamentos en los distintos niveles de poder, aplicables al desarrollo urbano y ordenamiento territorial. A continuación, se identificará la vinculación del proyecto con las leyes, normas, reglamentos y programas en los que e establecen los lineamientos y disposiciones, que el proyecto debe respetar y considerar para las actividades que se pretenden llevar a cabo en el sitio del proyecto.

## 2.1. Análisis de documentos normativos

### 2.1.2. Programas de ordenamiento ecológico

**PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO (POEGT)**

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) constituye un instrumento de política ambiental sustentado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y en su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico. Su aplicación es de carácter obligatorio en el territorio nacional y tiene como propósito incorporar criterios ambientales en la planeación y ejecución de acciones y programas de la Administración Pública Federal, en congruencia con las disposiciones previstas en la Ley de Planeación.

El POEGT establece una regionalización ecológica del territorio nacional mediante la identificación de áreas prioritarias para la atención ambiental y zonas con aptitud para el desarrollo de distintas actividades sectoriales. Asimismo, establece lineamientos y estrategias ecológicas dirigidos a promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, considerando las características y condiciones particulares de cada región.

Para efectos de su regionalización, el territorio nacional se divide en Unidades Ambientales Biofísicas (UAB), definidas a partir de la interacción de diversos componentes del medio físico, entre ellos el clima, relieve, vegetación y suelo. La integración de estos factores permite delimitar unidades territoriales con características ambientales relativamente homogéneas y diferenciadas entre sí. Como resultado de este proceso, el territorio nacional se encuentra dividido en 145 UAB, las cuales constituyen la base para la aplicación de los lineamientos y estrategias ecológicas establecidos por el POEGT.

*Congruencia: Cada Unidad Ambiental Biofísica (UAB) establece lineamientos y estrategias ecológicas particulares, orientados a regular y promover el manejo sustentable del territorio, de manera análoga a las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) contempladas en los programas de ordenamiento ecológico de carácter regional y local. En este contexto, de acuerdo con la regionalización establecida en el POEGT, el predio donde se pretende desarrollar el proyecto se encuentra localizado dentro de la UAB 62, denominada "Karst de Yucatán y Quintana Roo.*

*En este contexto, cada UAB cuenta con lineamientos y estrategias ecológicas específicas, de manera similar a las Unidades de Gestión*

*Tabla 7. Descripción general de la UAB 62 Karst de Yucatán y Quintana Roo*

| **POLÍTICA AMBIENTAL POEGT** | | | |
|---|---|---|---|
| **Ordenamiento regional** | 96 | **Región** | 17.33 |
| **UAB** | 62 | **Nombre** | Karst de Yucatán y Quintana Roo |
| **Clave Política** | 17 | **Política** | Restauración, Protección y Aprovechamiento Sustentable |
| **Clave de Atención Prioritaria** | **Nombre AAP** | **Clave Rector** | **Nombre Clave Rector** |
| 2 | Alta | 33 | Preservación de Flora y Fauna - Turismo |
| **Coadyuvantes** | Desarrollo social - Forestal | | |
| **Asociados** | Agricultura - Ganadería | | |
| **Otros sectores** | Pueblos indígenas | | |
| **Estado actual** | **Corto plazo** | **Mediano plazo** | **Largo plazo** |
| Inestable | Inestable | Inestable a crítico | Inestable a crítico |
| **Estrategias** | 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 | | |

*Congruencia: De acuerdo con los lineamientos establecidos para la UAB correspondiente, las estrategias ecológicas previstas tienen como objetivo promover la sustentabilidad ambiental del territorio mediante acciones orientadas a la conservación, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. En este sentido, se contemplan diecisiete estrategias enfocadas en materia ambiental, complementadas por nueve estrategias dirigidas al fortalecimiento del desarrollo social y de la infraestructura urbana. Asimismo, se consideran estrategias encaminadas a mejorar la gestión territorial, así como la coordinación y participación de las instituciones involucradas en la aplicación de las políticas ambientales.*

En este contexto, las medidas de prevención, mitigación y manejo ambiental propuestas para el proyecto son congruentes con las estrategias enfocadas en la sustentabilidad ambiental, mientras que el diseño y la planeación del desarrollo se apegan a las estrategias relacionadas con el ordenamiento territorial y el mejoramiento de la infraestructura urbana, garantizando la compatibilidad del proyecto con los lineamientos establecidos para la UAB.

## PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE (POEMYRGMYMC)

El Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMyMC) es un instrumento de política ambiental orientado a establecer las bases para la regulación y ordenación de los usos del territorio, así como para la planeación de las actividades productivas que se desarrollan en la región. Su finalidad es promover un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, procurando la conservación de los ecosistemas y el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, mediante la incorporación de criterios ambientales en los procesos de planeación y toma de decisiones.

Para la definición de las medidas y criterios de ordenamiento, el POEMyRGMyMC considera las características físicas, bióticas, sociales y económicas de la región, así como la aptitud natural del territorio, las actividades productivas existentes y potenciales, las condiciones de deterioro ambiental y las tendencias de transformación de los ecosistemas. A partir de este análisis se establecen lineamientos, estrategias y criterios ecológicos encaminados a prevenir conflictos ambientales, reducir los procesos de deterioro y favorecer la compatibilidad entre las actividades humanas y la conservación de los recursos naturales.

Asimismo, el POEMyRGMyMC constituye un instrumento de coordinación entre los distintos sectores de la Administración Pública, al proporcionar elementos para orientar políticas, programas, proyectos y acciones de carácter ambiental, económico y social. De esta manera, contribuye a que las actividades que se desarrollen en la región sean

compatibles con la aptitud ambiental del territorio y con los objetivos de conservación y aprovechamiento sustentable establecidos para cada unidad de gestión.

El modelo de ordenamiento ecológico del POEMyRGMyMC se encuentra integrado por Áreas Sujetas a Ordenamiento (ASO), las cuales se subdividen en Unidades de Gestión Ambiental (UGA) de carácter marino y regional. Las UGA marinas corresponden a las superficies localizadas dentro de las zonas marinas mexicanas del Golfo de México y el Mar Caribe, incluyendo las áreas federales adyacentes que correspondan; mientras que las UGA regionales comprenden porciones terrestres de las regiones ecológicas asociadas con los municipios que presentan influencia costera. En conjunto, el modelo de ordenamiento contempla 203 UGA, para las cuales se establecen disposiciones y criterios acordes con sus características y condiciones ambientales.

Para cada UGA se dispone de información técnica y cartográfica que permite conocer su ubicación, delimitación, características ambientales, usos actuales y potenciales, infraestructura existente, áreas sujetas a restricciones o exclusión y demás elementos relevantes para la planeación territorial. Estos componentes constituyen la base para determinar la compatibilidad de las actividades propuestas con las condiciones y objetivos ambientales establecidos para cada unidad.

En este sentido, la vinculación del proyecto con el POEMyRGMyMC permite identificar los lineamientos, criterios y estrategias ecológicas que resultan aplicables al sitio donde se pretende desarrollar. De acuerdo con la cartografía oficial de este instrumento, el predio del proyecto se localiza dentro de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 108, por lo que el análisis de congruencia ambiental se realizará considerando las disposiciones, acciones generales y criterios específicos establecidos para dicha unidad.

A partir de esta vinculación se evaluará la correspondencia del proyecto con los usos, lineamientos y criterios de regulación ambiental aplicables a la UGA 108, así como las medidas de prevención, mitigación y control ambiental que serán implementadas para evitar o reducir posibles efectos sobre los ecosistemas y recursos naturales presentes en el área de influencia del proyecto.

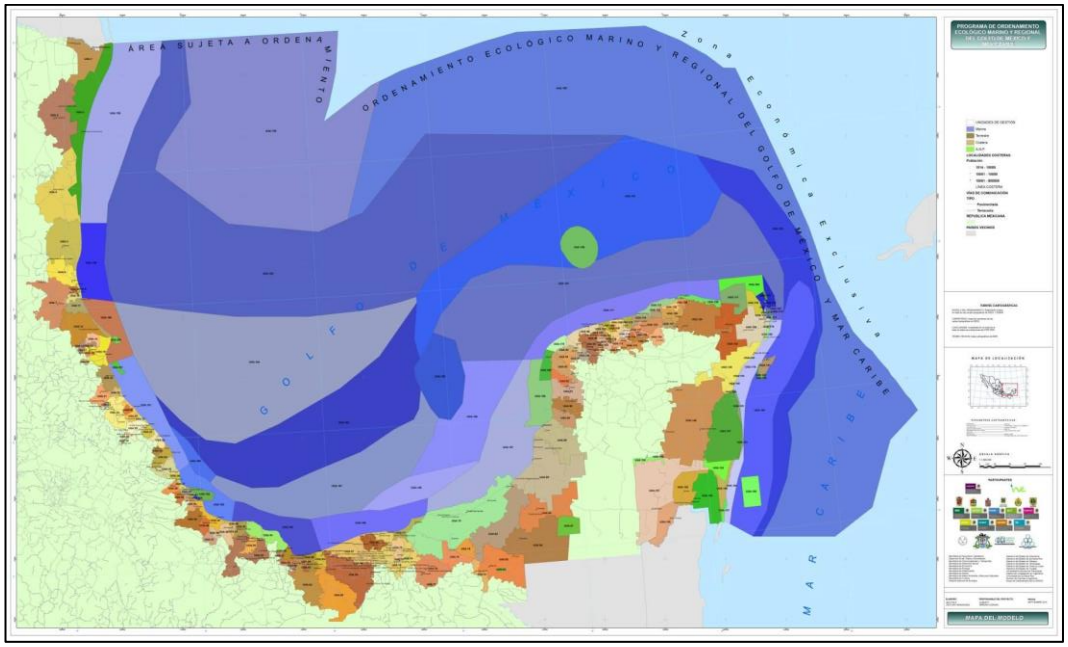



*Figura 3. Mapa general del ASO, dividido en UGA*

De acuerdo con la regionalización establecida en el POEMyRGMyMC, el área destinada al desarrollo del proyecto se encuentra localizada dentro de la UGA Regional 108, denominada “Dzemul”, por lo que resultan aplicables las Acciones Generales y las Acciones Específicas establecidas para dicha unidad. No obstante, para la superficie del proyecto que se encuentra comprendida dentro del ámbito de aplicación del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY), se considerarán de manera prioritaria las disposiciones, criterios y lineamientos previstos en este instrumento, en virtud de que corresponde al ordenamiento específico aplicable a la zona costera del estado y atiende las características ambientales particulares de dicha región.

## PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO DEL ESTADO DE YUCATÁN (POETY)

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY) constituye un instrumento de política ambiental y de planeación territorial cuyo propósito es orientar y regular el uso del suelo, el aprovechamiento de los recursos naturales, el desarrollo de las actividades productivas y la expansión de los asentamientos humanos. Su aplicación busca establecer un equilibrio entre la conservación de los ecosistemas, la protección del ambiente y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, considerando al mismo tiempo las necesidades de desarrollo económico y social de la entidad.

En este sentido, el POETY representa un referente para la planeación territorial del estado, al proporcionar criterios y directrices que deben considerarse en la formulación y ejecución de programas, obras y proyectos que pretendan desarrollarse dentro del territorio estatal. Su aplicación permite orientar las actividades humanas de acuerdo con las características ambientales, sociales y productivas de cada región, procurando reducir conflictos de uso del territorio y prevenir procesos de deterioro ambiental.

El primer Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán fue establecido mediante el Decreto 793/2007, publicado en el Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán el 26 de julio de 2007. Posteriormente, derivado de los cambios registrados en las condiciones ambientales, económicas, sociales y territoriales de la entidad, el instrumento fue actualizado mediante el Decreto 692/2023, publicado el 5 de diciembre de 2023, con el propósito de fortalecer los mecanismos de ordenamiento y planeación territorial bajo criterios de sustentabilidad.

El POETY vigente establece un Modelo de Ocupación del Territorio para el Estado de Yucatán, mediante el cual se determina la aptitud y vocación de las diferentes zonas del territorio, considerando tanto sus potencialidades como sus limitaciones ambientales. Este modelo busca mantener un equilibrio entre las actividades económicas y sociales y la conservación de los ecosistemas, estableciendo políticas ambientales y criterios orientados a la protección, conservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Como parte de su estructura, el modelo incorpora una zonificación territorial sustentada en Unidades de Gestión Ambiental (UGA), para las cuales se determinan políticas, usos, criterios de regulación y lineamientos de manejo específicos. Estos elementos permiten establecer las condiciones bajo las cuales pueden desarrollarse determinadas actividades, considerando las características ecológicas, sociales, económicas y productivas de cada unidad territorial.

Asimismo, el POETY contempla estrategias de gestión ambiental encaminadas a fortalecer la protección y conservación del patrimonio natural del estado, promover el uso racional de los recursos y orientar el desarrollo de las actividades de acuerdo con la capacidad y aptitud del territorio. Estas estrategias buscan, además, contribuir a la reducción de desequilibrios socioespaciales y favorecer condiciones que permitan mejorar la calidad de vida de la población, sin comprometer la integridad y funcionalidad de los ecosistemas.

En consecuencia, la vinculación del proyecto con el POETY permitirá determinar su compatibilidad con la UGA en la que se encuentra ubicado, así como verificar el cumplimiento de las políticas, usos, criterios y lineamientos ambientales establecidos para dicha unidad. De esta manera, se podrán identificar las disposiciones aplicables al proyecto y establecer, en su caso, las medidas de prevención, mitigación y control necesarias para garantizar que su desarrollo sea compatible con los objetivos de ordenamiento ecológico y sustentabilidad establecidos para el territorio estatal.

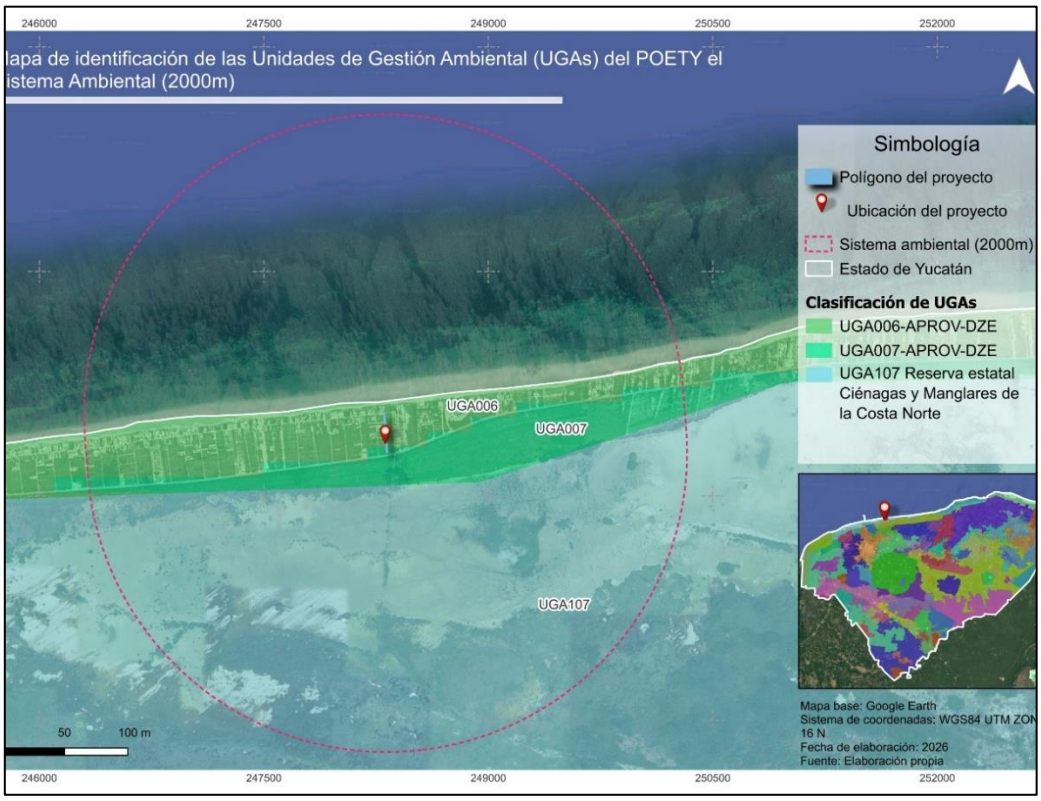



*Figura 4. Mapa de identificación de gestión ambiental del POETY correspondiente al proyecto.*

De acuerdo con la cartografía oficial del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán, el proyecto se localiza dentro de la Unidad de Gestión Ambiental UGA006-APROV-DZE, tal como se muestra en la figura anterior.

La política de aprovechamiento se aplica cuando el uso del suelo es congruente con su aptitud natural, de modo que se realice el aprovechamiento de los recursos naturales de forma sustentable. Esta política se asigna a espacios que no forman parte de un ANP, y en unidades de gestión ambiental con cobertura vegetal modificada y/o impactada, así como aquellas donde se desarrolla actualmente actividades sectoriales, y por lo tanto se consideran zonas apropiadas para que el aprovechamiento de los recursos naturales no resulte en impactos negativos al medio ambiente.

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán, el proyecto **"Villas Arenal"**, ubicado dentro de la Unidad de Gestión Ambiental **UGA006-APROV-DZE**, corresponde a un uso clasificado como **Condicionado**. En consecuencia, su desarrollo es viable siempre que el promovente observe y cumpla íntegramente las disposiciones establecidas en la normatividad ambiental aplicable, así como las restricciones, criterios, medidas y condicionantes que, en el ámbito de sus atribuciones, determine la Secretaría competente.

A continuación, se presenta la alineación con los criterios ecológicos generales:

| **Criterios Ecológicos Generales** | | |
|---|---|---|
| *N°* | **Criterios Generales** | **Congruencia** |
| *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. | *El proyecto contempla la implementación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (SITAR) modelo DLD14, con una capacidad de tratamiento de 12,525 m³, de acuerdo con lo establecido en el Capítulo II. Se establece que las aguas pluviales y las aguas residuales sanitarias serán conducidas mediante sistemas independientes, evitando su mezcla.* |
| *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. | *Los residuos sólidos serán almacenados temporalmente en contenedores con bolsa y tapa y posteriormente recolectados por el servicio de limpia municipal. En caso de ser necesario, se contratará un servicio particular autorizado para su traslado a un sitio de disposición final autorizado* |
| *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. | *Se realizarán los trámites correspondientes para el manejo de los residuos de construcción, considerados residuos de manejo especial conforme a la legislación vigente, mediante la Licencia Ambiental Única.* |
| *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 | *El proyecto no contempla el uso de pozos para el aprovechamiento de agua en ninguna de sus etapas. El suministro de agua se realizará mediante pipas, las cuales abastecerán una cisterna prefabricada destinada a su almacenamiento.*<br><br>*Se estima que el volumen de aguas residuales generado corresponderá* |

| | | |
|---|---|---|
| | extracción necesarios para el proyecto y su distribución en el predio, el volumen de agua requerido en m3/día y las velocidades de extracción en L/s de cada pozo.<br><br>Todo proyecto, obra o actividad que requieran el abastecimiento de agua subterránea quedaran 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 | *aproximadamente al 80 % del agua utilizada para uso doméstico, tal como se indicó en el capítulo anterior.* |
| *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. | *Dentro del predio del proyecto no se ubica alguna oquedad.* |
| | 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.<br><br>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 recudir | *De acuerdo con el Atlas de Peligros por Fenómenos Naturales del estado de Yucatán, el área donde se desarrollará el proyecto presenta un bajo riesgo de inundación. Esta condición se encuentra representada en la cartografía correspondiente al capítulo de caracterización del Sistema Ambiental..* |
| *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. | *El proyecto no contempla la construcción de caminos, vialidades o estacionamientos con superficies impermeables que limiten la infiltración del agua al suelo. Los senderos y el área de estacionamiento estarán conformados por arena, permitiendo la infiltración natural del agua en estas superficies y en las áreas circundantes a la vivienda.* |
| *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 | *El proyecto contempla conservar el 21.7 % de la superficie como áreas verdes, con el propósito de reducir al* |

| | | |
|---|---|---|
| | la fragmentación y funcionar como corredor biológico. | *mínimo posible las afectaciones sobre la flora y fauna presentes en la zona.* |
| *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. | *Se contempla la reutilización de los materiales generados durante la construcción y, cuando sea necesario, se contratarán empresas autorizadas para el manejo y disposición adecuada de los residuos de construcción.* |
| *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. | *No se prevé afectar vegetación forestal, ya que la vegetación presente en el predio donde se desarrollará el proyecto no corresponde a este tipo, de acuerdo con la caracterización de flora y fauna realizada en el sitio.* |
| *10* | Todo proyecto, obra o actividad que se pretenda desarrollar en un predio, deberá identificar y caracterizar los humedales (cenotes, poljes, úvalas, 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. | *El proyecto se localiza en una zona de duna costera, caracterizada por vegetación propia de este ecosistema. Asimismo, se contempla conservar el 21.7 % de la superficie como área verde, contribuyendo a mantener, en la medida de lo posible, las condiciones naturales y el hábitat de la zona.* |
| *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. | *No aplica dada la naturaleza del proyecto.* |

| | | |
|---|---|---|
| *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. | *El proyecto contempla la instalación de un sistema prefabricado para el tratamiento de aguas residuales, diseñado de acuerdo con la normatividad aplicable. Una vez tratada, el agua podrá ser utilizada para riego o descargada en las áreas verdes, conforme a las disposiciones correspondientes.* |
| *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:<br>a) Ubicar las obras y actividades en las zonas de menores niveles exposición.<br>b) Minimizar la fragmentación de ecosistemas naturales que brindan protección ante eventos hidrometeorológicos extremos.<br>c) Preservar la cobertura vegetal natural y la permeabilidad del suelo en los espacios no construidos.<br>d) Adaptar los caminos a la topografía del terreno.<br>e) Utilizar diseños y materiales que permitan el flujo de agua y sedimentos, así como la infiltración al subsuelo.<br>f) Disminuir posibles afectaciones a las estructuras de cavernas y formaciones geológicas.<br>g) Implementar diseños y estructuras constructivas que disminuyan la vulnerabilidad. | *Para la elaboración del presente Manifiesto de Impacto Ambiental se consultaron diversas fuentes bibliográficas y cartográficas, entre ellas el Atlas de Peligros por Fenómenos Naturales del Estado de Yucatán (2013), cuya información fue utilizada para identificar las condiciones y posibles riesgos naturales del sitio, incorporándose en la cartografía del Capítulo IV.*<br><br>*Asimismo, el proyecto contempla medidas de prevención y mitigación para reducir posibles afectaciones por fenómenos naturales. Los senderos y caminos serán de superficies permeables, permitiendo la infiltración del agua de lluvia y favoreciendo la conservación de las condiciones hidrológicas naturales del área.* |

| | | |
|---|---|---|
| *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. | *El diseño del proyecto contempla la conservación de áreas verdes y el uso de superficies permeables en los senderos y el estacionamiento, los cuales estarán conformados por arena. Con ello, se favorecerá la infiltración del agua de lluvia y se contribuirá a conservar las condiciones hidrológicas naturales del predio.* |

Así mismo, en la siguiente tabla se muestra la vinculación con los criterios del sector "Asentamientos Humanos" como uso del suelo propuesto por el proyecto.

| ***VINCULACIÓN CON LOS CRITERIOS DEL SECTOR ASENTAMIENTOS HUMANOS*** | | |
|---|---|---|
| *N°* | ***Criterios*** | ***Congruencia*** |
| ***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:<br>a) Minimizar la expansión urbana desordenada.<br>b) Minimizar la vulnerabilidad específica del acuífero.<br>c) Prevenir la fragmentación de hábitats naturales.<br>d) Satisfacer la demanda de manejo de residuos sólidos y líquidos, y la dotación de servicios urbanos. | *a) El proyecto se localiza sobre la carretera principal San Benito, por lo que cuenta con acceso directo y se integra a la infraestructura y a los desarrollos existentes en la zona, manteniendo una adecuada compatibilidad con el entorno.*<br>*b) Se contempla la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales que cumpla con la normatividad aplicable, con el objetivo de prevenir posibles afectaciones y evitar la contaminación del acuífero.*<br>*c) El proyecto busca reducir la fragmentación del hábitat, conservando áreas que permitan el libre desplazamiento de la fauna presente en la zona.*<br>*d) El proyecto contempla medidas para el manejo adecuado de los residuos sólidos, así como acciones de reforestación, dando cumplimiento a las disposiciones y criterios ambientales aplicables.* |
| ***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. | *No aplica dada la naturaleza del proyecto.* |
| ***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, reuso 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. | *El proyecto contempla la implementación de dispositivos y medidas para optimizar el consumo de agua, así como la reutilización del agua tratada para el riego de las áreas verdes, promoviendo un uso eficiente y responsable del recurso hídrico.* |
| ***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. | *La construcción de la vivienda ocupará únicamente una superficie de 1,058.35 m². El proyecto no contempla intervenir ni extenderse hacia las zonas de humedales y ciénegas localizadas al sur del predio. Adicionalmente, se cuenta con una vialidad principal y rotondas que en conjunto ocupan una superficie de 975.3 m².* |
| ***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. | *El proyecto considera las medidas pertinentes para evitar daño y perjuicio a las especies de vegetación y fauna en el predio.* |
| ***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 | *La construcción de la vivienda se ubica a 70 metros de la ZOFEMAT.* |

| | | |
|---|---|---|
| | (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.<br><br>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. | |
| ***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:<br><br>a) Conservar la vegetación nativa y restringir la introducción de especies exóticas en el hábitat de anidación.<br>b) Propiciar la regeneración natural de la comunidad vegetal nativa y el mantenimiento de la dinámica de acumulación de arena del hábitat de anidación.<br>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.<br>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.<br>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 | *Las recomendaciones establecidas en estos criterios serán consideradas como parte de las medidas de prevención y mitigación del proyecto, así como del reglamento interno del complejo, con el propósito de favorecer la conservación del entorno y reducir posibles impactos ambientales.*<br><br>***a)*** *No se contempla la introducción ni plantación de especies vegetales exóticas dentro del proyecto.*<br><br>***b)*** *Se procurará conservar la vegetación existente y mantener las condiciones naturales del hábitat de la zona.*<br><br>***c)*** *Se realizará la limpieza periódica del predio y sus alrededores para evitar la acumulación y dispersión de residuos sólidos.*<br><br>***d)*** *Se evitará el uso de iluminación nocturna innecesaria, procurando reducir las afectaciones a la fauna.*<br><br>***e)*** *Se utilizarán sistemas de iluminación de bajo consumo energético.*<br><br>***f)*** *No se permitirá el tránsito de vehículos sobre la playa durante la noche.*<br><br>***g)*** *Se mantendrá un manejo responsable de las mascotas que se encuentren en la vivienda, evitando posibles afectaciones a la fauna silvestre.* |

| | | |
|---|---|---|
| | 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.<br>f) Prohibir el tránsito vehicular particular o recreativo en la playa durante la temporada de anidación.<br>g) Vigilar que los animales domésticos No perturben o lastimen las hembras, las nidadas y las crías.<br>h) Vigilar los niveles de ruido de fuentes antropogénicas en las playas de anidación para que no sobrepase el nivel establecido en la norma.<br>i) El manejo de las tortugas marinas solo podrá realizarlo el personal que acredite estar capacitado. | ***h)*** *Se controlarán las fuentes de ruido durante la ocupación de la vivienda, procurando mantener niveles que no generen molestias o alteraciones en el entorno.*<br>*En caso de presentarse alguna tortuga marina dentro del área del proyecto, no se realizará su manipulación o manejo directo; se dará aviso a las autoridades competentes para que determinen las acciones correspondientes.* |
| ***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. | *Se considera dejar el 21.7% de área verde. Por lo que se priorizan estas zonas dentro del proyecto.* |
| ***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. | *No aplica dada la naturaleza del proyecto.* |
| ***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 | *El proyecto contará con abastecimiento de energía eléctrica en toda la vivienda, además de contar con un área específica para la* |

| | | |
|---|---|---|
| | 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. | *instalación de infraestructura de la Comisión Federal de Electricidad.* |
| ***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. | *La construcción del proyecto no afectará ni restringirá el acceso a la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT) ubicada en las áreas colindantes al predio.* |
| ***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:<br>a) Zonas de aluviones naturales recientes, profundos o superficiales.<br>b) Rellenos artificiales en barrancos, humedales y terraplenes o en general terrenos no consolidados, inestables con agrietamientos y sensibles a asentamientos diferenciales o hundimientos.<br>c) Áreas susceptibles a derrumbes o deslizamientos, sobresaturación hidráulica, sobrepeso, o movimientos vibratorios.<br>d) Áreas por debajo del nivel máximo de mareas.<br>e) Areas susceptible a inundación.<br>f) Bancos de materiales abandonados.<br>g) Áreas elevadas que al ser deforestadas generan escurrimientos | *Durante la elaboración del presente Manifiesto de Impacto Ambiental se consultaron diversas fuentes bibliográficas, técnicas y cartográficas, entre ellas el Atlas de Peligros por Fenómenos Naturales del Estado de Yucatán (2013). La información obtenida fue utilizada para evaluar las condiciones naturales y los posibles riesgos del sitio, y se encuentra representada en la cartografía del Capítulo IV.*<br>***a)*** *El proyecto no se localiza en una zona susceptible a la presencia de aluviones.*<br>***b)*** *El predio presenta condiciones de estabilidad, sin topografía irregular ni presencia de humedales dentro del área del proyecto.*<br>***c)*** *El sitio no se encuentra identificado como una zona susceptible a derrumbes o deslizamientos.*<br>***d)*** *El proyecto se encuentra fuera de la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT), ubicándose la construcción aproximadamente a 70 metros de esta zona.* |

| | | |
|---|---|---|
| | que agravan inundaciones en zonas bajas. | ***e)*** *De acuerdo con las características naturales del sitio, se considera que el área presenta un nivel bajo de riesgo de inundación, favorecido por las condiciones de infiltración del terreno.*<br><br>***f)*** *El proyecto no se encuentra dentro ni en las inmediaciones de bancos de material, ya sean activos o abandonados.*<br><br>***g)*** *El predio no se ubica en una zona de escurrimientos superficiales relevantes. Estas condiciones se presentan principalmente en otras regiones del estado de Yucatán.*<br><br>*Asimismo, las características de la zona costera, como la menor precipitación, una mayor evaporación y la capacidad de infiltración del terreno, favorecen la ausencia de condiciones propicias para inundaciones. Si bien las ciénegas y humedales presentan una dinámica hidrológica particular, el predio del proyecto no se encuentra dentro de este tipo de ecosistemas.* |
| ***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. | *Se realizarán los trámites y gestiones correspondientes en caso de que sean requeridos por la normatividad aplicable.* |
| ***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. | *No aplica dada la naturaleza del proyecto.* |

De acuerdo con lo señalado en las tablas anteriores, el uso de suelo correspondiente a asentamientos humanos se encuentra sujeto a condición, conforme a los lineamientos establecidos en el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán. Por lo tanto, la viabilidad del proyecto estará sujeta a la evaluación de la autoridad

ambiental competente y al cumplimiento de las condiciones que, en su caso, sean establecidas para su ejecución.

## PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO COSTERO DEL ESTADO DE YUCATÁN (POETCY)

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY) es un instrumento de planeación ambiental sustentado en información técnica y científica, cuyo propósito es regular el uso y ocupación del territorio costero, buscando compatibilizar las actividades humanas con la conservación de los recursos naturales y reducir posibles conflictos por el uso del suelo.

El POETCY establece una regionalización ecológica del territorio costero, identificando áreas prioritarias y zonas con diferentes aptitudes para el desarrollo de actividades. Asimismo, define políticas, lineamientos y estrategias orientadas a promover el aprovechamiento sustentable y la conservación de los ecosistemas. Las áreas naturales protegidas cuentan con sus propios instrumentos de manejo, por lo que se sujetan a las disposiciones establecidas en sus respectivos programas de manejo.

Para la aplicación de sus disposiciones, el POETCY divide el territorio en Unidades de Gestión Ambiental (UGA), que constituyen las unidades territoriales en las que se establecen políticas ambientales, criterios de regulación ecológica y actividades permitidas o condicionadas. De acuerdo con la cartografía oficial del ordenamiento, el área donde se pretende desarrollar el proyecto se localiza dentro de la **UGA DZD01-BAR_C3-R**, cuyas características, políticas y criterios de regulación se presentan en la figura y tabla siguientes.




*Figura 5. Mapa de identificación de la unidad de Gestión Ambiental del POETCY correspondiente al proyecto.*

*Tabla 8. Características de la UGA*

| ***Actuales*** | **Compatible** | **Incompatible** |
|---|---|---|
| | | (5) Pesca de consumo. doméstico o pesca deportiva. |

| | | |
|---|---|---|
| *(2) Aprovechamiento doméstico de flora y fauna.*<br>*(9) Agricultura de plantaciones perennes (henequén, coco, frutales).*<br>*(22) Vivienda Unifamiliar.* | (1) Área para el cuidado y preservación de las condiciones naturales.<br>(2) Aprovechamiento doméstico de flora y fauna.<br>(3) Apicultura.<br>(4) Unidades de manejo de vida silvestre y aprovechamiento cinegético.<br>(9) Agricultura de plantaciones perennes (henequén, coco, frutales).<br>(20) Turismo de muy bajo impacto (pasa día, palapas, senderos, pesca deportiva en mar o ría, observación de aves, fotografía, acampado).<br>(21) Turismo alternativo (hoteles, vivienda multifamiliar y servicios ambientalmente compatibles).<br>(22) Vivienda Unifamiliar.<br>(23) Turismo tradicional de mediano impacto (hoteles, vivienda multifamiliar, restaurantes, venta de artesanías y servicios convexos.<br>(25) Desarrollos inmobiliarios de acuerdo con la Ley de Desarrollos Inmobiliarios del Estado de Yucatán | (6) Acuacultura artesanal o extensiva.<br>(7) Acuacultura industrial o intensiva.<br>(8) Agricultura tradicional (milpa) y ganadería de ramoneo.<br>(9) Agricultura de plantaciones perennes (henequén, coco, frutales).<br>(10) Agricultura semintensiva (horticultura, floricultura, pastos de ornato).<br>(11) Ganadería extensiva (bovinos, ovinos) en potreros.<br>(12) Ganadería estabulada tipo granja (bovinos, porcinos, aves).<br>(13) Extracción artesanal de sal o artemia.<br>(14) Extracción industrial de sal.<br>(15) Extracción de arena.<br>(16) Extracción artesanal de piedra o sascab sin uso de maquinaria o explosivos.<br>(17) Extracción industrial de piedra o sascab.<br>(18) Industrial no contaminante del manto freático y bajo consumo de agua.<br>(19) Industria en general.<br>(24) Campos de golf.<br>(26) Sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos.<br>(27) Desarrollo portuario-marinos y servicios relacionados.<br>(28) Aprovechamiento forestal maderable y no maderable.<br>(29) Industria eoloeléctrica. |

De acuerdo con la información presentada en la tabla anterior, el POETCY considera compatible el uso de vivienda unifamiliar dentro de la Unidad de Gestión Ambiental en la que se localiza el proyecto. Por lo tanto, el uso propuesto resulta congruente con la

zonificación establecida, siempre que su desarrollo se lleve a cabo conforme a los criterios de regulación ecológica, políticas y demás disposiciones aplicables.

A continuación, se llevará a cabo la vinculación con los criterios aplicables a la UGA DZD01-BAR_C3

*Tabla 9. Criterios ecológicos de la UGA*

| ***Clave*** | ***Criterios Ecológicos*** | ***Vinculación*** |
|---|---|---|
| ***2*** | Dada la aptitud de este territorio y su grado de vulnerabilidad se restringe el establecimiento de nuevas zonas para la extracción de sal, de cultivo de artemia o de acuacultura, así como la ampliación de las existentes. | *El proyecto no contempla la realización de actividades de extracción de sal, cultivo, aprovechamiento de artemia ni prácticas de acuacultura.* |
| ***5*** | Con base en el principio de precautoriedad, la extracción de agua para abastecer la infraestructura de vivienda, turística, comercial, industrial o de servicios se deberá limitar al criterio de extracción máxima de agua de hasta 2 l/s, con pozos ubicados a distancias definidas en las autorizaciones emitidas por la Comisión Nacional del Agua. Este criterio podría incrementarse hasta 10 l/s si se demuestra, con un estudio geohidrológico detallado del predio, que la capacidad del acuífero lo permite; en este caso la autorización deberá supeditarse a que se establezca un sistema de monitoreo con registro continuo del acuífero y a la inscripción y participación del usuario en el Consejo de Cuenca de la Comisión Nacional del Agua CNA, en los términos de lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales. | *El proyecto no contempla la construcción o apertura de pozos para el aprovechamiento de agua. El abastecimiento para uso doméstico se realizará mediante pipas, y el recurso será almacenado en una cisterna para su posterior utilización.* |
| ***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 zonas federales, en cuyo caso, deberán contar con autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales o de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y en aquellas que se | *El proyecto no contempla actividades de extracción o aprovechamiento de arena. En consecuencia, no se realizarán actividades relacionadas con bancos de material ni con la remoción de sedimentos en áreas sujetas a regulación por autoridades municipales, estatales o federales.* |

| | | |
|---|---|---|
| | encuentren en áreas naturales protegidas, deberán contar con la autorización de la dirección de la reserva. | |
| ***10*** | Se deberá promover la elaboración de programas de desarrollo urbano para planear y regular la expansión de los asentamientos humanos, regularizar los existentes, evitar invasiones en zonas federales de ciénagas, prever la creación de centros de población, y delimitación de fondos legales y reservas de crecimiento. Asimismo, se promoverá la coordinación de los municipios conurbados en los términos de lo establecido en la Ley General de Asentamientos Humanos y la Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Yucatán. | *El proyecto no se encuentra sujeto a este criterio, debido a que contempla únicamente la construcción de departamentos y no considera actividades relacionadas con la elaboración, modificación o ejecución de instrumentos de planeación urbana.* |
| ***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. | *El proyecto contempla mantener áreas libres dentro del predio para favorecer la conectividad entre los fragmentos de vegetación existentes y facilitar el desplazamiento de la fauna silvestre. Asimismo, se evitará la instalación de estructuras que puedan representar barreras físicas o riesgos para las especies, contribuyendo a conservar su movilidad y las condiciones naturales del sitio.* |
| | La construcción e instalación de infraestructura en zonas federales que afecten la dinámica del transporte litoral, | *El proyecto contempla únicamente la construcción de seis unidades* |

| | | |
|---|---|---|
| ***12*** | 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. | *habitacionales y no incluye obras de infraestructura costera, estructuras de protección ni elementos que puedan alterar el transporte litoral, los procesos naturales de erosión y sedimentación o la dinámica costera del área.* |
| ***19*** | Las autorizaciones de construcción de hoteles, condominios, villas, casas-habitación, desarrollos 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 nivelaran ni destruirán la primera duna y respetaran la vegetación rastrera y de matorral existente tanto en la duna como en 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. | *El proyecto contempla la conservación de la duna costera, al ubicarse colindante con la Carretera Estatal San Benito y mantener una distancia superior a 70 metros respecto de la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT). Esta ubicación permite evitar la intervención directa de la primera duna y contribuir a la conservación de sus condiciones naturales..* |
| ***20*** | Para las autorizaciones de construcción de predios ubicados frente a la playa cuyas dimensiones no les permitan cumplir con la disposición señalada en el criterio anterior, podrán optar por sistemas de construcción elevados sobre pilotes, que mantengan la duna y la vegetación, previa evaluación en materia de impacto ambiental. | *En los casos donde las características o dimensiones del predio impidan cumplir con lo establecido en el criterio anterior, podrá considerarse la construcción de estructuras elevadas sobre pilotes, siempre que permitan conservar la duna y la vegetación existente. Estas obras deberán someterse previamente a la evaluación y autorización correspondiente en materia de impacto ambiental.* |

| | | |
|---|---|---|
| ***21*** | Las construcciones ubicadas en la primera línea en relación con la playa no nivelarán ni destruirán la primera duna y respetarán la vegetación rastrera existente tanto en la duna como en la playa. En caso de que la primera duna este alterada o poco definida, la construcción debe incluir trampas de arena para reconstruirla; si la vegetación está alterada, es escas a o inexistente, la obra debe incluir la reforestación con vegetación rastrera desde la duna hasta la playa. | *Como se mencionó anteriormente, el proyecto respeta la primera duna.* |
| ***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 pudiera establecerse en todo el predio. Se tomará como base para este cálculo lotes con una superficie mínima de 300 m2 y las restricciones por concepto de vialidades o circulaciones y áreas de destino o áreas comunes. | *El diseño del proyecto se realizó considerando los resultados y criterios establecidos en el estudio de capacidad de carga, procurando que la infraestructura y las actividades propuestas sean acordes con las condiciones y capacidad del sitio, favoreciendo un desarrollo sostenible.* |
| ***29*** | Esta zona se considera apta para el desarrollo de actividades recreativas, tales como prácticas de campismo, ciclismo, rutas interpretativas, observación de fauna y paseos fotográficos, lo cual puede implicar la necesidad de instalación de infraestructura de apoyo tales como senderos de interpretación de la naturaleza, miradores y torres para observación de aves. | *El diseño del proyecto se ha desarrollado conforme a la normatividad vigente y a las disposiciones aplicables.* |
| ***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. | *El proyecto contempla un acceso hacia la playa, el cual será habilitado de acuerdo con la normatividad vigente y las disposiciones aplicables para este tipo de infraestructura.* |
| ***31*** | Las áreas actuales ocupadas por desarrollos turísticos, vivienda y las de futura expansión deberán contemplar el acceso público a zona federal marítimo terrestre, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar, recomendándose distancias máximas de 200 m. | *El proyecto se encuentra fuera de la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT), y la vivienda se localizará a una distancia superior a 70 metros de dicha zona. El área ubicada al norte del predio, frente al proyecto, se mantendrá como zona de conservación,* |

| | | |
|---|---|---|
| | | *complementada con un sendero de arena que permitirá el acceso sin afectar las condiciones naturales del sitio.* |
| ***32*** | La Secretaría de Medio 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. | *Los vehículos empleados durante las etapas de preparación y construcción operarán únicamente dentro de los horarios establecidos para la ejecución de las actividades del proyecto.* |
| ***34*** | Con el objeto de no perturbar a las tortugas marinas durante el periodo de anidación y eclosión, se controlará el acceso a las playas tortugueras durante dicho periodo. | *Se establecerán medidas y restricciones específicas para prevenir posibles afectaciones a las tortugas marinas y conservar las condiciones naturales de su hábitat.* |
| ***35*** | De acuerdo con el artículo 122, fracción VI, de la Ley General de Vida Silvestre, se considera una infracción el manejar ejemplares de especies exóticas fuera de las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre de confinamiento controlado. Solo en casos justificados o de ornato se permitirá el uso de palma de coco (enano malayo) en la duna costera. | *El proyecto no contempla actividades de aprovechamiento, captura o manejo de especies de fauna silvestre, por lo que este criterio no resulta aplicable debido a la naturaleza de las actividades previstas.* |
| ***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. | *Los accesos hacia la playa se mantendrán sin pavimentación ni recubrimientos impermeables, con el propósito de conservar sus condiciones naturales y dar cumplimiento a las disposiciones ambientales aplicables.* |
| | 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 | *El proyecto contempla la incorporación de sistemas y tecnologías orientadas al uso eficiente del agua, incluyendo un sistema para el tratamiento de las aguas residuales y medidas que* |

| | | |
|---|---|---|
| ***57*** | residuales previendo la separación de aguas grises de las negras. | *permitan reducir el consumo del recurso hídrico.* |
| ***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. | *No aplica dada la naturaleza del proyecto* |
| ***61*** | Dada la vulnerabilidad del territorio, se restringe la disposición final de residuos sólidos urbanos, de manejo especial, tóxicos, peligrosos y biológico-infecciosos. | *Los residuos sólidos urbanos serán recolectados y trasladados al sitio de disposición final autorizado por el H. Ayuntamiento de Dzemul, mediante el servicio municipal de recolección.* |
| ***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 está restringida. | *No aplica dada la naturaleza del proyecto* |
| ***64*** | No se permite el vertimiento de salmueras a los humedales, lagunas, manglares y blanquizales. | *No aplica dada la naturaleza del proyecto* |

**PROGRAMA ESTATAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO DE YUCATÁN**

**(Decreto 783/2024 publicado en el D.O. el 27-06-2024).**

De acuerdo con la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, el Sistema General de Planeación Territorial reconoce a los programas estatales de ordenamiento territorial y desarrollo urbano como instrumentos para orientar y regular el uso del territorio y el crecimiento de los asentamientos humanos. Asimismo, establece que corresponde a las entidades federativas formular, aprobar, administrar y evaluar estos instrumentos, con la participación de los municipios y de la sociedad.

En este marco, el Gobierno del Estado de Yucatán, a través del Instituto de Movilidad y Desarrollo Urbano Territorial, publicó en el Diario Oficial del Estado de Yucatán, el 27 de

junio de 2024, el Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Yucatán (PEOTDUY), mediante el Decreto 783/2024.

El PEOTDUY establece, dentro de su Nivel Estratégico, siete estrategias territoriales orientadas a fortalecer la organización y desarrollo del territorio mediante acciones relacionadas con el desarrollo urbano y regional, la actividad económica, la movilidad, la gestión territorial y la prevención de conflictos. Entre ellas destaca la Estrategia VI, que establece las Unidades de Gestión Territorial (UGT), consideradas como unidades básicas para la planeación y ordenamiento del territorio.

De acuerdo con este instrumento, las UGT permiten identificar las aptitudes estratégicas del territorio y orientar la ubicación de los asentamientos humanos y las actividades productivas. En este contexto, el predio donde se pretende desarrollar el proyecto se localiza dentro de la Unidad de Gestión Territorial Primaria **UGT-COS-02,** cuya ubicación se presenta en el mapa siguiente.

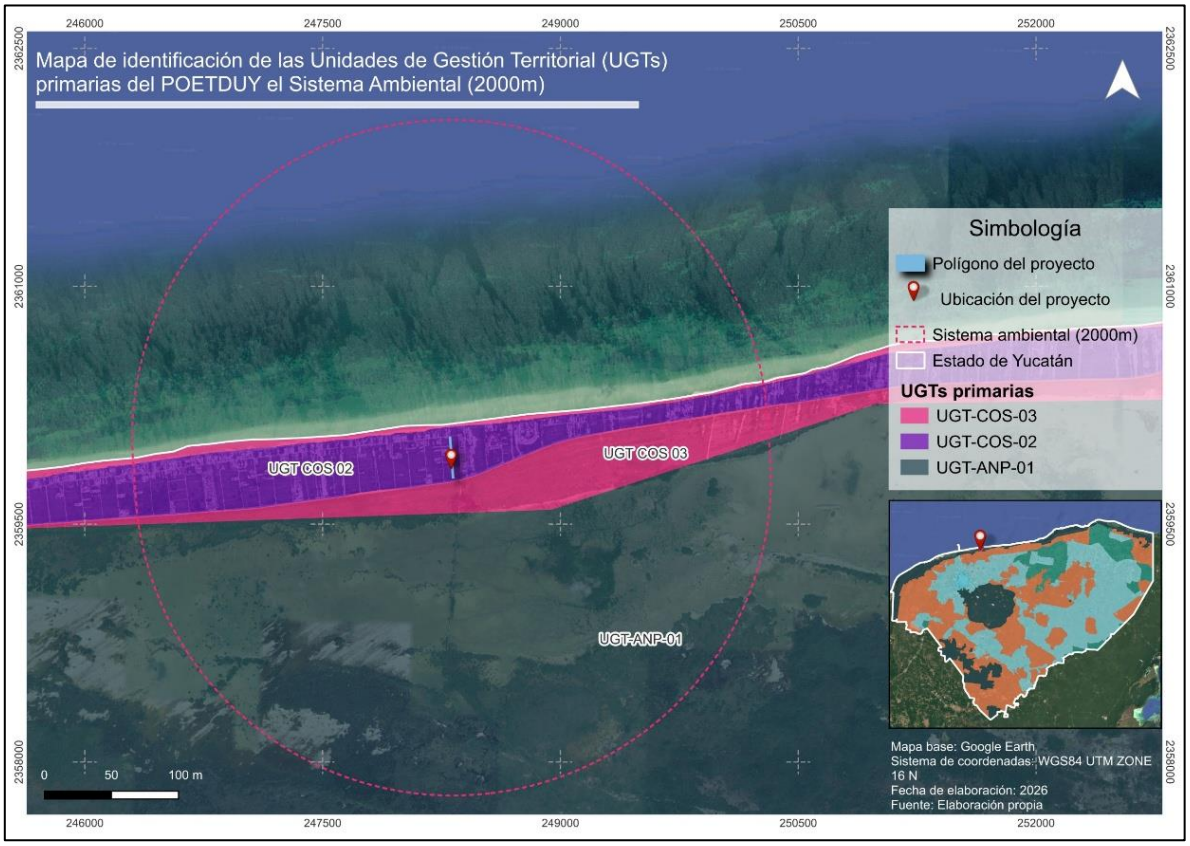



*Figura 6. Mapa de Unidad De Gestión Territorial Primaria*

Clave UGT-COS-02

Descripción: Áreas urbanizadas de los centros de población localizados en la franja costera (excluye aquellas proyectadas como centralidades urbanas, conforme al Sistema Urbano Estatal)

Aptitud para el aprovechamiento urbano;

- Acciones urbanísticas compatibles: aquellas tendientes al mejoramiento, consolidación,
- regeneración y conservación en los asentamientos humanos;
- Aprovechamiento productivo condicionado a actividades compatibles con asentamientos humanos y permitidas en los ordenamientos ecológicos y programas de desarrollo urbano en congruencia con la aptitud territorial;
- Aplica política de contención urbana y productiva: la expansión física está restringida y sólo se permitirá en las zonas que determinen los ordenamientos ecológicos o programas de desarrollo urbano, por lo que los requerimientos de vivienda y la localización de actividades productivas, deberá realizarse a partir de la ocupación de predios baldíos, viviendas desocupadas y otros vacíos urbanos al interior de sus límites, así como la densificación de los asentamientos humanos con base a umbrales máximos determinados en los instrumentos
- señalados;
- Los ordenamientos ecológicos y los programas de desarrollo urbano establecerán los umbrales máximos de expansión y densificación permitidos, así como las disposiciones normativas que regulen las acciones urbanísticas y el aprovechamiento territorial en general, en congruencia con las regulaciones costeras,
- Las acciones urbanísticas se sujetarán a las disposiciones de regulación urbana aplicables a la zona costera; Acciones prioritarias: 1) formular o fortalecer disposiciones en materia de asentamientos humanos en el POETCY, ordenamientos ecológicos locales o programas de desarrollo urbano, en congruencia con las regulaciones costeras, 2) crear reglamentos o disposiciones específicas para la promover un aprovechamiento sustentable en sectores costeros donde sea factible el aprovechamiento territorial, 3) fomentar marcos de actuación coordinados entre las autoridades competentes para la armonización de los instrumentos de planeación territorial que regulan el sector costero, y/o para definir ámbitos de actuación en materia de planeación y regulación de los asentamientos humanos, 4) gestionar acciones urbanísticas para el mejoramiento, consolidación, regeneración y conservación en los asentamientos humanos, y 5) fortalecer los mecanismos de gestión y regulación urbana;

**UGT-COS-02**

| UGT | Aprovechamiento territorial | | | Prioridad de aprovechamiento territorial |
|---|---|---|---|---|
| | Aptitud estratégica para asentamientos humanos | Aptitud estratégica para actividades productivas | Aptitud actual por actividades productivas existentes | |
| UGT-COS-02 | APTO<br>Tipologías compatibles en ordenamientos ecológicos o PDU específico armonizados con regulaciones ambientales y costeras | CONDICIONADO<br>Actividades urbanas de soporte productivo a los asentamientos humanos<br>Tipologías compatibles en ordenamientos ecológicos o PDU específico armonizados con regulaciones ambientales y costeras | Actividades urbanas de soporte productivo a los asentamientos humanos existentes al interior de los asentamientos humanos<br>Aplica solo mantenimiento de las actividades productivas en congruencia con los criterios de regulación ecológica, con énfasis en las regulaciones costeras | 1 |
| | Promover le menor impacto ambiental y el incremento de la resiliencia ante riesgos de desastres por peligros naturales y antrópicos, conforme a las regulaciones ambientales, costeras y de prevención de riesgos aplicables | | | |

*Figura 7. Aptitudes de la UGT COS-02*

Las Unidades de Gestión Territorial Secundarias (UGT-S) representan una subdivisión de las Unidades de Gestión Territorial Primarias (UGT-P), permitiendo establecer disposiciones más específicas de acuerdo con las características y condiciones particulares de cada zona. Su finalidad es complementar el ordenamiento territorial mediante criterios y lineamientos que respondan a las condiciones locales.

La delimitación de estas unidades considera diversos aspectos del territorio, entre ellos:

- La aptitud del territorio y sus características ambientales, como el suelo, la biodiversidad y los recursos naturales.
- Las condiciones actuales de ocupación y transformación del territorio, incluyendo la urbanización, las actividades productivas y la infraestructura existente.
- Las perspectivas de crecimiento y desarrollo urbano previstas para cada zona.

De acuerdo con la cartografía del Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Yucatán (PEOTDUY), el predio no se encuentra dentro de una Unidad de Gestión Territorial Secundaria específica. Para efectos de su vinculación, se considera la unidad secundaria más cercana, correspondiente a la UGT-CON-01-S. La ubicación del predio respecto de esta unidad se presenta en el mapa siguiente.

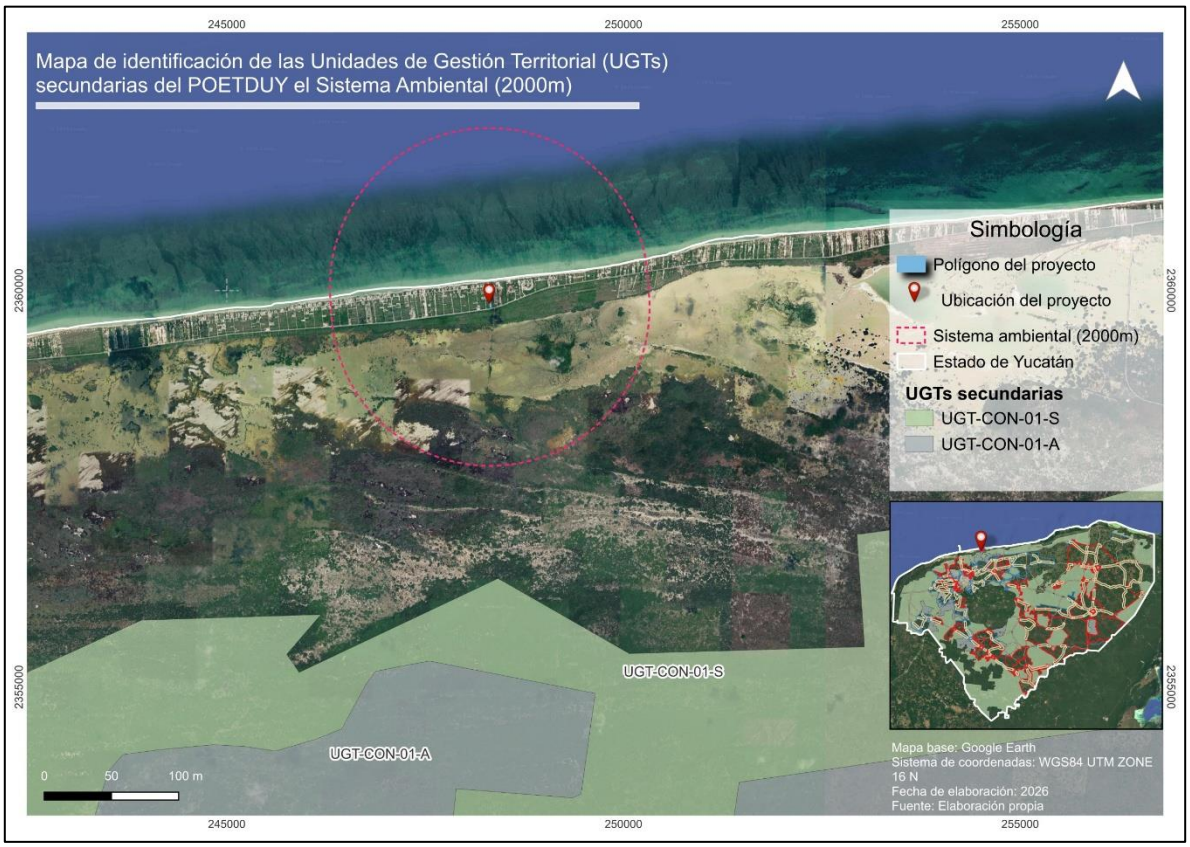



*Figura 8. Mapa de identificación de las UGTs secundarias en el PEOTDUY*

El proyecto denominado “VILLAS ARENAL” se localiza dentro de la Unidad de Gestión Territorial UGT-COS-02, conforme a lo establecido en el Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Yucatán (PEOTDUY). De acuerdo con este instrumento, dicha unidad presenta una aptitud estratégica para asentamientos humanos clasificada como “APTO”, lo que significa que el territorio cuenta con condiciones favorables para el desarrollo de usos urbanos compatibles con los instrumentos de ordenamiento ecológico y los Programas de Desarrollo Urbano aplicables.

En este sentido, y considerando las disposiciones establecidas para la zona, el proyecto “VILLAS ARENAL” se considera viable para su desarrollo, de acuerdo con lo señalado por el promovente y con lo determinado en el Dictamen de Factibilidad Urbano Ambiental (FUA), en el cual se establece su condición de FACTIBLE.

# 3. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA

Este capitulo se enfocará en la delimitación y descripción de la región ecológica definida como “La unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes” conforme al artículo 3 fracción XXXI de la Ley General del Equilibrio Ecológico la Protección al Ambiente. En ella se describirán factores abióticos como climatología, edafología, geohidrología y bióticos basados en datos tomados directamente de los estudios realizados en campo sobre composición florística y faunística.

## 3.1. Delimitación de la Región Ecológicas de acuerdo con las características y alcances del proyecto

### 3.1.1. Criterios para la delimitación

*Criterio geomorfológico:* Se analiza la homogeneidad del relieve en busca de elementos irruptores o que cambien drásticamente la topografía del sitio o materiales geológicos.

*Criterio hidrológico:* Delimitar unidades ecológicas mediante la utilización de las cuencas, subcuencas y redes de ríos o escurrimientos de agua como límites naturales del flujo ecológico.

*Criterio climatológico: Considera la temperatura, la cantidad de lluvia (precipitación) y la humedad que definen una región o piso térmico.*

*Criterio biogeográfico: Evalúa la presencia de vegetación característica, la fauna silvestre, la biodiversidad y los tipos de asociaciones de especies, así como la clasificación de usos de suelo y vegetación.*

*Criterio de regionalización: Emplea la delimitación de Unidades de Gestión Ambiental del ordenamiento ecológico de mayor precisión; en este caso, del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán.*

## 3.2. Delimitación y aspecto generales de la región ecológica

De acuerdo con los criterios anteriores, se analizaron elementos bióticos y abióticos mediante superposición de capas basados en cartografía oficial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la

Biodiversidad (CONABIO), la Bitácora Ambiental del Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Yucatán, entre otros; dando como resultado el siguiente mapa.

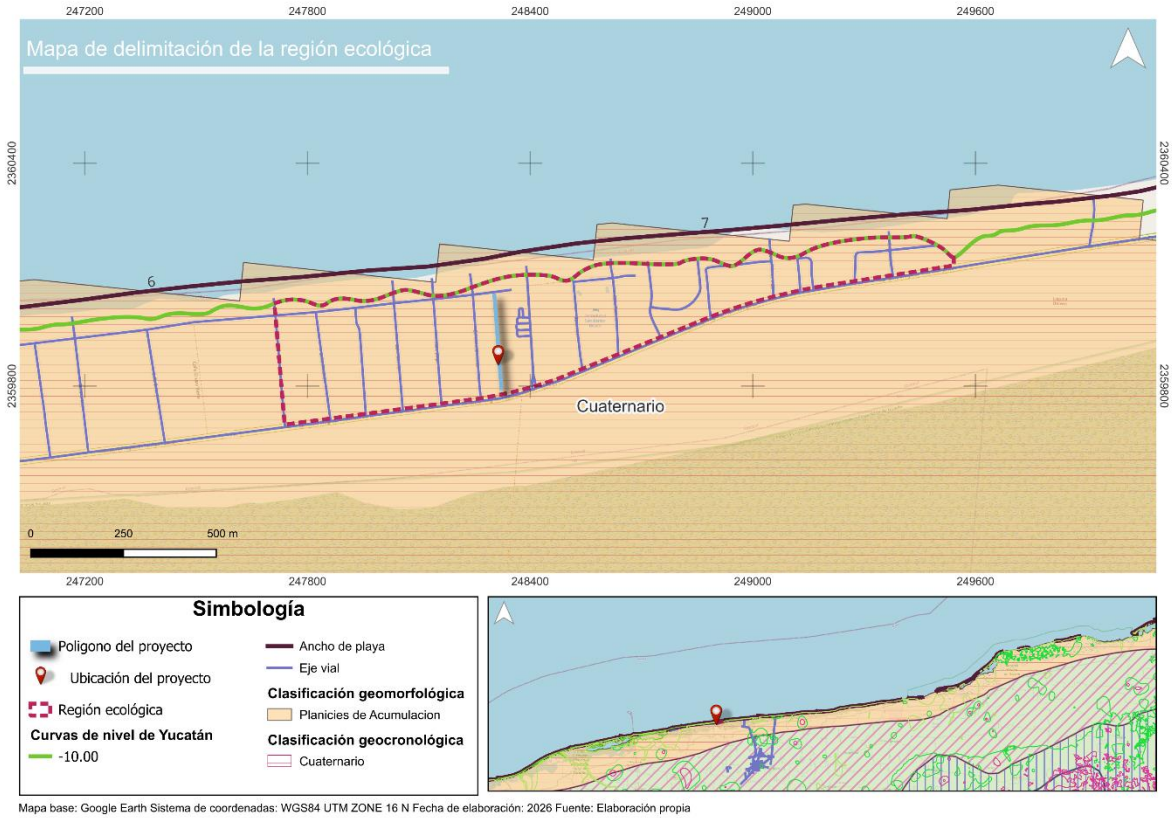



*Figura 9. Mapa de la región ecológica*

Con base en lo anterior, la región ecológica se compone de un polígono con una superficie de 2,595.919 m2, delimitado al sur por la carretera estatal 27 que conecta el municipio de Progreso con Telchac Puerto; al norte se estableció la delimitación tomando como criterio fisiográfico la curva de nivel correspondiente a -10 msnm, debido a que esta permite definir un sector territorial que presenta condiciones topográficas homogéneas en términos de elevación. Al tratarse de una línea que une puntos con la misma altitud, su utilización como límite permite diferenciar espacialmente áreas con características similares respecto a la configuración del relieve, pendiente y comportamiento del escurrimiento superficial. En este sentido, la curva de nivel se consideró como un elemento de referencia para establecer una unidad territorial con relativa homogeneidad fisiográfica; por su parte, La delimitación de la región ecológica en sentido este-oeste se estableció tomando como criterio la distancia correspondiente al ancho medio de la playa dentro del área de estudio. Para determinar dicho límite se consideraron las variaciones espaciales observadas en el ancho de la franja de playa, obteniéndose un valor promedio que fue utilizado como referencia para establecer la extensión longitudinal de la unidad de análisis. Este criterio permite que

la delimitación mantenga una relación espacial con las características físicas del sistema costero, evitando establecer límites arbitrarios y procurando que la región ecológica represente un sector con condiciones relativamente homogéneas en cuanto a su configuración y dinámica litoral.

## 3.3. Descripción de tipos de suelo y vegetación presente en la región ecológica

### 3.3.1. Tipos de suelo en la región ecológica

En términos geológicos, el subsuelo del estado de Yucatán está constituido por una secuencia de sedimentos calcáreos de origen marino del Terciario Reciente y ha estado bajo subsidencia lenta pero continua. La geología superficial de Yucatán se caracteriza por la poca existencia de suelo (20 cm aproximadamente) y se compone, en su mayor parte, de una caliza muy dura formada por la solución y precipitación de carbonato de calcio que cementa granos y fragmentos de conchas cerca de la superficie del terreno. El proyecto se encuentra sobre una planicie de acumulación, las planicies de acumulación son áreas donde se acumulan sedimentos a lo largo del tiempo debido a procesos sedimentarios. Estas áreas pueden ser fluviales, lacustres o de desembocadura de ríos, y son cruciales para la formación de paisajes y la historia geológica de un área. Los sedimentos en estas planicies pueden ser de diferentes tipos, como arena, grava, y otros materiales que se depositan en áreas de inundación y desbordamiento.

Por su parte, la franja donde está ubicado el proyecto está formada por rocas carbonatadas solubles de origen marino con abundantes conductos de disolución y fracturas, así como suelos inmaduros por la acumulación de material calcáreo resultado de una ligera emersión en el cuaternario aproximadamente hace 1 millón de años.

De acuerdo con García y Graniel (2010), en esta zona afloran calizas compactas recristalizadas, de ambiente marino en facies de banco y litoral de textura fina a media, dispuestas en capas masivas de color crema y blanco, con abundantes microfósiles conservados en la mayoría de los casos como moldes externos de pelecípodos, así como miliólidos indeterminados. De acuerdo con la cartografía consultada, la zona costera donde se localiza el proyecto emergió en el Holoceno Cuaternario (Q4) aproximadamente hace 10mil años.

Así mismo, la SEMARNAT, (2018) indica que en México existen 25 de las 32 unidades de suelo según clasificación de suelos de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB por sus siglas en inglés) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [FAO] (2014). Por su parte, en la Península de Yucatán predominan los suelos de la unidad de Leptosoles (INEGI, 1999), (del griego leptos, delgado), que se conocen en otras clasificaciones como Litosoles y Rendzinas, son suelos muy delgados, pedregosos y poco desarrollados que pueden contener una gran cantidad de material calcáreo.

Sin embargo, en las regiones costeras de los suelos arenosos y arcillosos con gran contenido de calcio y alta salinidad; ejemplo de ello son los suelos encontrados en el SA que conforme al "Conjunto nacional de información edafológica, Serie III" (INEGI,2024) indica que el suelo es tipo Regosol (RC) episódico-calcárico). Los Regosoles presentan una capa de material suelto sobrepuesto a la capa material que le da origen al suelo, su textura es arenosa que hacen que la fertilidad sea limitada, la infiltración muy rápida y la retención de humedad muy baja (Bautista, 2005).

### 3.3.4. Uso de suelo y vegetación en la región ecológica

A De acuerdo con los datos cartográficos del conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación serie VII (INEGI), el sitio del proyecto se compone en su totalidad por asentamientos humanos. Por su parte, la región ecológica se compone de dos tipos de uso de suelo; asentamientos humanos que representa y en una porción mínima se identifica como vegetación de dunas costeras. A continuación, se presenta el mapa de uso de suelo y vegetación conforme a INEGI.

### 3.3.5. Especies potenciales

*Flora potencial*

La región ecológica (RE) delimitada para el área del proyecto (AP) comprende vegetación de duna y matorral costeros, dicha comunidad vegetal es característica de la zona costera del estado de Yucatán.

En el estado de Yucatán las dunas costeras se desarrollan en clima semiárido, principalmente sobre suelo calcáreo con baja precipitación pluvial y altas temperaturas y salinidades. La vegetación es halófita (adaptada a suelos salinos), tienen hojas crasas (gruesas y cerosas), son tolerantes al enterramiento, y por lo general, son hierbas rastreras y arbustos muy ramificados de escasa altura (Guadarrana, Salinas y Ramos, 2016).

Entre los elementos característicos que componen esta comunidad destacan *Sesuvium portulacastrum* (verdolaga de playa), *Ambrosia hispida* (altamisa de mar), *Ipomoea pes-caprae* (bejuco de mar), *Canavalia rosea* (frijol de playa), *Pithecellobium keyense* (guamúchil) y *Scaevola plumieri* (chunup-maya).

De igual manera, tierra adentro se encuentra la zona matorral, más compleja florísticamente que la zona de arbustos pioneros y hierbas rastreras, compuesta por especies como *Agave angustifolia, Thevetia gaumeri* y *Cordia sebestena.*

*Fauna potencial*

Por su parte, la fauna potencial asociada a la duna costera de Yucatán está constituida principalmente por especies de aves, reptiles y pequeños mamíferos adaptados a las condiciones de temperaturas elevadas, sustratos arenosos y exposición a la influencia

marina. Entre las especies que pueden encontrarse en este ambiente se incluyen aves costeras y de paso como *Fregata magnificens* y *Pluvialis squatarola*, así como reptiles como *Sceloporus chrysostictus* y *Aspidocelis angusticeps*, además de diversas especies de aves que utilizan la vegetación de duna como sitio de alimentación, descanso y desplazamiento.

En el matorral costero se espera una mayor diversidad de fauna debido a la presencia de vegetación que proporciona alimento, refugio y sitios de percha y reproducción. Entre la fauna potencial se encuentran especies como C*athartes aura, Rupornis magnirostris, Amazona albifrons, Mimus gilvus, Campylorhynchus yucatanicus, Quiscalus mexicanus, Doricha eliza, Columbina talpacoti, Crotophaga sulcirostris*, así como mamíferos como *Nasua narica, Procyon lotor* y *Didelphis sp*. La composición puede variar de acuerdo con el grado de conservación, estructura de la vegetación y nivel de perturbación del sitio.

## 3.5. Análisis de componentes ambientales al interior de la región ecológica

### 3.5.1. Componentes bióticos

***Vegetación del Área de Estudio***

**Vegetación del área de estudio: matorral de duna costera**

El Área de Estudio se localiza en la franja litoral del municipio de Dzemul, sobre la barra arenosa comprendida entre el mar y la ciénaga, y su vegetación corresponde al matorral de duna costera. Se trata de una comunidad que ha estado sujeta a perturbación previa: en bastantes zonas del predio la cobertura vegetal es escasa y se observan claros con suelo arenoso expuesto, asociados al tránsito y a los usos históricos del sitio. No obstante, el matorral conserva un buen nivel de integridad florística y estructural, con manchones bien conformados de vegetación nativa que mantienen la composición y la fisonomía características de esta comunidad.



*Figura 10. Perspectivas aéreas del predio en dirección norte-sur, mostrando su cobertura de matorral de duna costera.*

Un elemento relevante del predio es la presencia de dos especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: el cactus Mammillaria gaumeri, especie endémica de la costa norte de Yucatán catalogada en peligro de extinción (P), y la palma chit Thrinax radiata, catalogada como amenazada (A). El registro de ambas especies dentro del Área de Estudio confirma que, pese a la perturbación acumulada, el sitio conserva elementos florísticos de alto valor

para la conservación y condiciones de hábitat propias de un matorral de duna costera funcional.

El estrato arbustivo y arbóreo está dominado por especies típicas del matorral de duna costera, principalmente Pithecellobium keyense, Caesalpinia vesicaria y Sideroxylon americanum, acompañadas por otros elementos leñosos característicos de esta comunidad. Asimismo, el estrato herbáceo mantiene una buena representación de las especies típicas de la duna, entre ellas Ambrosia hispida, Porophyllum punctatum y Flaveria linearis, entre otras.

La presencia conjunta de las especies leñosas dominantes, de las herbáceas características y de las dos especies en categoría de riesgo indica que, aun con la perturbación observada y la cobertura vegetal reducida de algunos sectores, la integridad del matorral de duna costera del predio se mantiene en un nivel razonablemente bueno, de modo que la comunidad continúa aportando las funciones ecológicas propias de la duna costera: estabilización del sustrato arenoso, refugio y alimento para la fauna, y continuidad del corredor litoral.

**Composición florística**

Con base en los registros obtenidos en los transectos y en los recorridos complementarios, el listado florístico del Área de Estudio quedó integrado por 46 especies de plantas vasculares pertenecientes a 28 familias botánicas. Las familias mejor representadas fueron Asteraceae, con cinco especies, seguida de Poaceae y Fabaceae, con cuatro especies cada una, y de Malvaceae y Cactaceae, con tres especies; otras cuatro familias aportaron dos especies y las 19 restantes estuvieron representadas por una sola especie. Este patrón, en el que unas cuantas familias concentran buena parte de la riqueza y una larga serie de familias aporta una o dos especies, es característico de la flora de las dunas costeras del norte de la Península de Yucatán.

En cuanto a las formas de vida, la flora se distribuye de manera prácticamente equilibrada entre especies herbáceas (24 especies, 52.2 %) y leñosas (22 especies, 47.8 %). Esta proporción refleja la estructura del matorral de duna costera del predio: un estrato leñoso de arbustos y árboles bajos que conforma los manchones de vegetación, acompañado de un estrato herbáceo bien representado en los claros y bordes arenosos. Destaca además la presencia de las dos especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 ya referidas, Gossypium hirsutum, Mammillaria gaumeri y Thrinax radiata, así como de elementos característicos del matorral costero como Pithecellobium keyense, Caesalpinia vesicaria, Sideroxylon americanum, Coccoloba uvifera y Metopium brownei.

**Estructura y diversidad de la vegetación**

*Tabla 10. Listado floristico del area de estudio organizado por familia botanica y formas de vida. Con * se ubican especies protegidas según la NOM-059-SEMARNAT-2010.*

| Especie | Familia | Forma de vida |
|---|---|---|
| *Bravaisia berlandieriana (Nees) T.F.Daniel* | Acanthaceae | Leñosa |
| *Sesuvium portulacastrum (L.) L.* | Aizoaceae | Herbácea |
| *Alternanthera microcephala (Moq.) Schinz* | Amaranthaceae | Herbácea |
| *Amaranthus dubius Mart. ex Thell.* | Amaranthaceae | Herbácea |
| *Metopium brownei (Jacq.) Urb.* | Anacardiaceae | Leñosa |
| *Echites umbellatus Jacq.* | Apocynaceae | Leñosa |
| **Thrinax radiata Lodd. ex Schult. & Schult.f.* | Arecaceae | Leñosa |
| *Agave angustifolia Haw.* | Asparagaceae | Herbácea |
| *Ambrosia hispida Pursh* | Asteraceae | Herbácea |
| *Bidens pilosa L.* | Asteraceae | Herbácea |
| *Flaveria linearis Lag.* | Asteraceae | Herbácea |
| *Melanthera nivea (L.) Small.* | Asteraceae | Leñosa |
| *Porophyllum punctatum (Mill.) S.F.Blake* | Asteraceae | Herbácea |
| *Acanthocereus tetragonus (L.) Hummelinck* | Cactaceae | Leñosa |
| **Mammillaria gaumeri (Britton & Rose) Orcutt* | Cactaceae | Leñosa |
| *Opuntia stricta (Haw.) Haw.* | Cactaceae | Leñosa |
| *Capparis incana Kunth* | Capparaceae | Leñosa |
| *Maytenus phyllanthoides Benth.* | Celastraceae | Leñosa |
| *Rhacoma crossopetalum L.* | Celastraceae | Leñosa |
| *Commelina elegans Kunth* | Commelinaceae | Herbácea |
| *Ipomoea pes-caprae (L.) R. Br.* | Convolvulaceae | Herbácea |

| | | |
|---|---|---|
| *Fimbristylis cymosa R. Br.* | Cyperaceae | Herbácea |
| *Croton punctatus Jacq.* | Euphorbiaceae | Leñosa |
| *Euphorbia cyathophora Mur.* | Euphorbiaceae | Herbácea |
| *Caesalpinia vesicaria L.* | Fabaceae | Leñosa |
| *Canavalia rosea (Sw.) DC.* | Fabaceae | Herbácea |
| *Centrosema virginianum (L.) Benth.* | Fabaceae | Herbácea |
| *Pithecellobium keyense Britton* | Fabaceae | Leñosa |
| *Cassytha filiformis L.* | Lauraceae | Herbácea |
| **Gossypium hirsutum L.* | Malvaceae | Leñosa |
| *Malvaviscus arboreus Cav.* | Malvaceae | Leñosa |
| *Waltheria indica L.* | Malvaceae | Leñosa |
| *Commicarpus scandens (L.) Standl.* | Nyctaginaceae | Herbácea |
| *Okenia hypogaea Schltdl. & Cham.* | Nyctaginaceae | Herbácea |
| *Passiflora foetida L.* | Passifloraceae | Herbácea |
| *Cenchrus incertus M.A. Curtis* | Poaceae | Herbácea |
| *Dactyloctenium aegyptium (L.) Willd.* | Poaceae | Herbácea |
| *Distichlis spicata (L.) E. Greene* | Poaceae | Herbácea |
| *Sporobolus virginicus (L.) Kunth* | Poaceae | Herbácea |
| *Coccoloba uvifera (L.) L.* | Polygonaceae | Leñosa |
| *Portulaca oleracea L.* | Portulacaceae | Herbácea |
| *Bonellia macrocarpa (Cav.) B.Ståhl & Källersjö* | Primulaceae | Leñosa |
| *Sideroxylon americanum (Mill.) T.D.Penn.* | Sapotaceae | Leñosa |
| *Lycium carolinianum Walter* | Solanaceae | Leñosa |

| | | |
|---|---|---|
| *Lantana involucrata L.* | Verbenaceae | Leñosa |
| *Tribulus cistoides L.* | Zygophyllaceae | Herbácea |

***Fauna del área de estudio***

**Caracterización general de la fauna del Área de Estudio**

El Área de Estudio corresponde a un predio de matorral de duna costera con perturbación previa y cobertura vegetal escasa en algunos sectores, situado sobre la barra litoral del municipio de Dzemul, entre la playa y la ciénaga. Si bien conserva la fisonomía y los elementos florísticos propios del matorral costero, el predio se inserta en una zona de transición urbana, en la que el cordón de duna alterna con viviendas de veraneo, caminos de acceso y servicios asociados al desarrollo de la franja litoral.

Esta condición de transición se refleja en la fauna que puede utilizar el sitio, integrada por tres componentes principales. El primero corresponde a las especies propias del matorral de duna, como aves de matorral y de borde, reptiles de ambientes arenosos, entre ellos la lagartija espinosa de Cozumel (Sceloporus cozumelae) y la iguana rayada (Ctenosaura similis) y pequeños mamíferos. El segundo lo integran especies tolerantes a la urbanización o asociadas a los asentamientos humanos, como la tórtola común (Columbina passerina), la paloma alas blancas (Zenaida asiatica), el zanate mexicano (Quiscalus mexicanus) y el luis bienteveo (Pitangus sulphuratus). El tercero corresponde a la fauna transitoria procedente de los humedales cercanos (ciénaga, marismas y manglares), principalmente garzas, aves playeras y otras aves acuáticas que sobrevuelan la barra litoral o la utilizan de manera ocasional como sitio de paso, descanso o alimentación.

En este contexto, y a pesar de la perturbación acumulada, los remanentes de matorral del predio y de su entorno adquieren relevancia precisamente por su carácter de zona de transición: funcionan como refugio, sitio de percha y fuente de alimento para la fauna que se desplaza entre la duna, el ambiente urbano y los humedales adyacentes, y contribuyen a mantener la conectividad del corredor biológico litoral. La permanencia de estos parches de vegetación favorece que la franja costera conserve su función de hábitat complementario para las especies de los ecosistemas vecinos, cualidad que debe considerarse al evaluar el papel ecológico del sitio.

**Composición faunística del área de estudio**

El registro de fauna se realizó mediante recorridos matutinos de observación directa dentro del predio y a lo largo de sus bordes, entre las 07:00 y las 11:00 horas, en los que se anotaron todas las especies observadas o escuchadas y el número de individuos por franja horaria de una hora. Con esta información se integró el listado faunístico del sitio y se analizó la distribución temporal de los registros.

Durante los recorridos de registro faunístico se obtuvieron 219 registros pertenecientes a 35 especies de vertebrados, agrupadas en 22 familias y cuatro clases. Las aves constituyeron el grupo dominante, con 29 especies y 203 registros (92.7 % del total), seguidas por los reptiles (cuatro especies y 13 registros), en tanto que los anfibios y los mamíferos estuvieron representados por una especie cada uno. Esta composición es congruente con lo esperado para un predio de matorral de duna costera inserto en la transición entre la playa, el entorno urbano de la barra litoral y la ciénaga.

El registro de fauna se realizó mediante recorridos matutinos de observación directa dentro del predio y a lo largo de sus bordes, entre las 07:00 y las 11:00 horas, en los que se anotaron todas las especies observadas o escuchadas y el número de individuos por franja horaria de una hora. Con esta información se integró el listado faunístico del sitio y se analizó la distribución temporal de los registros.

Durante los recorridos de registro faunístico se obtuvieron 219 registros pertenecientes a 35 especies de vertebrados, agrupadas en 22 familias y cuatro clases. Las aves constituyeron el grupo dominante, con 29 especies y 203 registros (92.7 % del total), seguidas por los reptiles (cuatro especies y 13 registros), en tanto que los anfibios y los mamíferos estuvieron representados por una especie cada uno. Esta composición es congruente con lo esperado para un predio de matorral de duna costera inserto en la transición entre la playa, el entorno urbano de la barra litoral y la ciénaga.

*Tabla 11. Riqueza y abundancia por clase de la fauna registrada en el Área de Estudio*

| Clase | Especies | Familias | Registros | % de registros |
|---|---|---|---|---|
| Aves | 29 | 16 | 203 | 92.7 |
| Reptilia | 4 | 4 | 13 | 5.9 |
| Amphibia | 1 | 1 | 2 | 0.9 |
| Mammalia | 1 | 1 | 1 | 0.5 |
| Total | 35 | 22 | 219 | 100 |

Dentro de la avifauna, el orden mejor representado fue Charadriiformes, con 11 especies y 94 registros de gaviotas, charranes, playeros y chorlos asociados al frente de playa, seguido de Passeriformes (siete especies), Pelecaniformes (cuatro especies, incluidos pelícanos y

garzas) y Suliformes (fragatas y cormoranes). Las especies más abundantes fueron la gaviota reidora (Leucophaeus atricilla, 34 registros), el pelícano café (Pelecanus occidentalis, 16) y el playero semipalmeado (Calidris pusilla, 13), todas ellas ligadas a la línea de costa y a los ambientes acuáticos adyacentes, lo que confirma el papel del predio y de su entorno como zona de tránsito y descanso entre el mar, la duna y la ciénaga.

La herpetofauna estuvo integrada por cuatro reptiles del orden Squamata: el abaniquillo pardo del Caribe (Anolis sagrei), la lagartija espinosa de Cozumel (Sceloporus cozumelae), el huico yucateco (Aspidoscelis angusticeps) y la mazacuata (Boa imperator), a los que se suma el sapo gigante (Rhinella horribilis) como único anfibio. Los mamíferos se registraron únicamente mediante el zorrillo manchado de Yucatán (Spilogale yucatanensis). Destaca la presencia de dos especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: la boa (Boa imperator, registro derivado de un atropellamiento), en la categoría de amenazada (A), y Sceloporus cozumelae, sujeta a protección especial (Pr) y endémica de la Península de Yucatán, registros que refuerzan el valor faunístico de los remanentes de matorral del predio.

El análisis por franja horaria mostró un patrón de actividad claramente decreciente a lo largo de la mañana: los registros totales pasaron de 74 entre las 07:00 y las 08:00 horas a 35 entre las 10:00 y las 11:00 horas, en correspondencia con el pico de actividad matutina de las aves. En sentido inverso, los reptiles incrementaron su detectabilidad conforme avanzó la mañana (de un registro en la primera franja a seis en la última), patrón consistente con su comportamiento de termorregulación, que los hace más activos y conspicuos en las horas de mayor temperatura.

En conjunto, los resultados corroboran la caracterización general del sitio: la fauna registrada combina especies propias del matorral de duna, como el centzontle tropical (Mimus gilvus), la lagartija espinosa de Cozumel (Sceloporus cozumelae) y el huico yucateco (Aspidoscelis angusticeps), con especies de amplia tolerancia y, de manera predominante, aves acuáticas y playeras que se desplazan entre la playa, la duna y los humedales de la ciénaga. Ello confirma la función del predio como parte de una zona de transición con valor para la conectividad de la fauna del cordón litoral.

El listado completo de la fauna registrada, con su clasificación taxonómica, nombre común y número de registros.

*Tabla 12. Listado de la fauna registrada en el área de estudio*

| Clase | Orden | Familia | Especie | Nombre común |
|---|---|---|---|---|
| Aves | Charadriiformes | Laridae | Leucophaeus atricilla | Gaviota Reidora |

| Clase | Orden | Familia | Especie | Nombre común |
|---|---|---|---|---|
| Aves | Charadriiformes | Scolopacidae | Calidris pusilla | Playero Semipalmeado |
| Aves | Charadriiformes | Scolopacidae | Arenaria interpres | Vuelvepiedras Rojizo |
| Aves | Pelecaniformes | Pelecanidae | Pelecanus occidentalis | Pelícano Café |
| Aves | Charadriiformes | Scolopacidae | Calidris minutilla | Playero Diminuto |
| Aves | Charadriiformes | Laridae | Thalasseus maximus | Charrán Real |
| Aves | Passeriformes | Hirundinidae | Progne subis | Golondrina Azulnegra |
| Aves | Suliformes | Fregatidae | Fregata magnificens | Fragata Tijereta |
| Aves | Suliformes | Phalacrocoracidae | Nannopterum brasilianum | Corúa Neotropical |
| Aves | Passeriformes | Mimidae | Mimus gilvus | Centzontle Tropical |
| Aves | Passeriformes | Icteridae | Agelaius phoeniceus | Tordo Sargento |
| Aves | Pelecaniformes | Pelecanidae | Pelecanus erythrorhynchos | Pelícano Blanco Americano |
| Aves | Cathartiformes | Cathartidae | Cathartes aura | Zopilote Aura |
| Aves | Suliformes | Phalacrocoracidae | Nannopterum auritum | Cormorán Orejón |
| Aves | Pelecaniformes | Ardeidae | Ardea alba | Garza Blanca |
| Aves | Passeriformes | Parulidae | Setophaga palmarum | Chipe Playero |
| Aves | Charadriiformes | Laridae | Thalasseus sandvicensis | Charrán de Sandwich |
| Aves | Pelecaniformes | Ardeidae | Egretta tricolor | Garza Tricolor |

| Clase | Orden | Familia | Especie | Nombre común |
|---|---|---|---|---|
| Aves | Passeriformes | Tyrannidae | Pyrocephalus rubinus | Mosquero Cardenal |
| Aves | Passeriformes | Parulidae | Setophaga petechia | Chipe Amarillo |
| Aves | Charadriiformes | Laridae | Rynchops niger | Rayador Americano |
| Aves | Charadriiformes | Scolopacidae | Limnodromus griseus | Costurero Pico Corto |
| Aves | Apodiformes | Trochilidae | Amazilia rutila | Colibrí Canelo |
| Aves | Charadriiformes | Scolopacidae | Limosa fedoa | Picopando Canelo |
| Aves | Charadriiformes | Scolopacidae | Tringa melanoleuca | Patamarilla Mayor |
| Aves | Charadriiformes | Charadriidae | Charadrius vociferus | Chorlo Tildío |
| Aves | Passeriformes | Icteridae | Icterus spurius | Calandria Castaña |
| Aves | Coraciiformes | Momotidae | Eumomota superciliosa | Momoto Cejas Azules |
| Aves | Accipitriformes | Pandionidae | Pandion haliaetus | Águila Pescadora |
| Reptilia | Squamata | Dactyloidae | Anolis sagrei | Abaniquillo Pardo del Caribe |
| Reptilia | Squamata | Phrynosomatidae | Sceloporus cozumelae | Lagartija Espinosa de Cozumel |
| Reptilia | Squamata | Teiidae | Aspidoscelis angusticeps | Huico Yucateco |
| Reptilia | Squamata | Boidae | Boa imperator | Mazacuata |
| Amphibia | Anura | Bufonidae | Rhinella horribilis | Sapo Gigante |
| Mammalia | Carnivora | Mephitidae | Spilogale yucatanensis | Zorrillo Manchado de Yucatán |

### 3.6. Diagnóstico ambiental

El área donde se pretende desarrollar el proyecto VILLAS ARENAL se localiza en la localidad de San Benito, municipio de Dzemul, Yucatán, dentro de la región norte del estado y en un contexto territorial asociado al litoral del Golfo de México. El sitio se encuentra inmerso en un ambiente costero característico de la porción norte de la Península de Yucatán, donde predominan superficies de relieve prácticamente plano, materiales calcáreos y condiciones climáticas cálidas que, en conjunto, determinan las características físicas y biológicas del área.

Por su parte, la ejecución del proyecto modificará significativamente las condiciones naturales específicamente en el predio, generando impactos acumulativos importantes.

Desde el punto de vista climático, el área presenta condiciones correspondientes al clima $BS_o(h')(x')$, clasificado como seco estepario, muy cálido, con lluvias escasas durante todo el año. Estas condiciones se caracterizan por temperaturas elevadas durante prácticamente todo el año y una disponibilidad de humedad relativamente limitada, factores que influyen directamente en la composición y dinámica de la vegetación presente en el entorno. La condición climática, aunada a las características del suelo y del sustrato calcáreo, favorece la presencia de comunidades vegetales adaptadas a ambientes cálidos y relativamente secos.

El medio físico se encuentra condicionado por la naturaleza kárstica de la Península de Yucatán, caracterizada por la presencia de roca caliza, ausencia de corrientes superficiales permanentes y una elevada infiltración del agua hacia el subsuelo. En consecuencia, el agua subterránea constituye uno de los componentes ambientales de mayor importancia en la región. Esta característica determina que cualquier modificación de la superficie del terreno, así como el manejo de aguas residuales y sustancias potencialmente contaminantes, deba realizarse bajo medidas preventivas que eviten afectaciones a la calidad del acuífero.

El relieve del sitio es predominantemente plano, sin que se identifiquen condiciones topográficas que representen restricciones significativas para el establecimiento del proyecto. No obstante, por tratarse de un ambiente costero, la condición del terreno y su capacidad de infiltración constituyen elementos relevantes para conservar los procesos naturales de escurrimiento e infiltración. Por ello, el diseño del proyecto contempla una distribución que mantiene una proporción importante de superficies no construidas y áreas verdes.

En cuanto al aprovechamiento del terreno, el proyecto contempla una superficie destinada a terrenos o unidades de aproximadamente 1,058.35 m², equivalente al 40.71 % de la superficie considerada para el proyecto. Asimismo, se contemplan aproximadamente 590.46 m² de vialidades, 384.84 m² de circulaciones y 566.33 m² de áreas verdes, estos

últimos equivalentes aproximadamente al 21.78 % de la superficie considerada. La presencia de áreas verdes y superficies exteriores permite conservar parcialmente la capacidad de infiltración del terreno y reducir la proporción de superficie completamente impermeabilizada.

Por su parte, el desarrollo de gran cantidad de viviendas de segunda residencia y complejos habitacionales en la zona ponen en riesgo la integridad de la vegetación de duna costera que se encuentra en moderado grado de conservación; pues ya comienzan a ser visibles los impactos de los grandes complejos. Por tanto; aunque el diseño del proyecto reduce considerablemente el impacto a la vegetación del predio, su realización solo es viable siempre que se cumpla con todas las medidas de prevención y mitigación ambiental expresadas en este documento, así como las condicionantes de inicio de obra que la Secretaría establezca.

# 4. IDENTIFICAIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

La identificación evaluación de los impactos ambientales constituye la parte medular de un Manifiesto de Impacto Ambiental al indicar y ponderar las acciones, actividades y obras del proyecto por su capacidad de modificar el medio físico-biótico, abiótico y socioeconómico. En este sentido, a lo largo de este capítulo se expondrán los resultados de la aplicación de la metodología que conjunta diversos métodos recomendados para la identificación de impactos ambientales como la de Conesa, (1992), caracterización y valoración de Dellavedova (2011) y evaluación de Leopold (1972), entre otros.

**TABLA DE SUSCEPTIBILIDAD DE ELEMENTOS ANTE IMPACTOS AMBIENTALES**

| Componente | Factor | Elementos susceptibles | Etapa | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | P | C | OP |
| Físico-químico | *Suelo* | Calidad del suelo | ■ | ■ | |
| | | Capacidad de filtración | ■ | ■ | ■ |
| | | Erosión costera | ■ | ■ | ■ |
| | | Estabilidad del suelo | ■ | ■ | |
| | *Agua* | Calidad del agua subterránea | ■ | ■ | ■ |
| | | Capacidad de recarga | ■ | ■ | ■ |
| | *Atmósfera* | Calidad del aire | ■ | ■ | |
| | | Temperatura del ambiente | ■ | ■ | ■ |
| | | Ruido y vibraciones del ambiente | ■ | ■ | |
| Bióticos | *Flora y fauna* | Diversidad y abundancia de especies de flora | ■ | ■ | ■ |
| | | Diversidad y abundancia de especies de fauna | ■ | ■ | ■ |
| | | Especies protegidas | ■ | ■ | ■ |
| | | Hábitats Terrestres | ■ | ■ | |
| | | Áreas Naturales Protegidas | | | |
| Abióticos | *Paisaje* | Estructura del paisaje | ■ | ■ | |
| | | Calidad sanitaria del ambiente | ■ | ■ | ■ |
| Socio-económico | *Actividades económicas* | Generación de empleo | ■ | ■ | ■ |
| | | Demanda de prestación de servicios e Infraestructura | ■ | ■ | ■ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Reactivación economica en la construcción/turística | | | |
| | *Uso de suelo* | Cambio de uso de suelo | | | |

4.1.1. Caracterización de los impactos

Una vez identificados los impactos causados por las etapas del proyecto, se clasifican en dos grupos: impactos benéficos y adversos conforme a los efectos provocados en los elementos susceptibles en la interacción con las obras programadas y el diagrama. Conforme a ello, se tiene la siguiente clasificación:

• Impacto benéfico: Son aquellos que producen beneficios o mejoran las condiciones del elemento impactado.

• Impacto adverso: Se considera impacto adverso cuando la alteración causa daño o deterioro del elemento.

Cabe recalcar que las actividades pueden generar impactos combinados; es decir, cuando la interacción causó reacciones beneficiosas en un elemento y adversas en otro. A continuación, se presenta la caracterización de los impactos de acuerdo con la clasificación descrita.

*Tabla 13. Tabla de identificación de impactos por actividad del proyecto*

| MATRIZ DE IMPACTOS POR ACTIVIDADES DEL PROYECTO | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Componente** | **Factores** | **Elementos susceptibles** | **Preparación del sitio** | | | | | **Construcción** | | | **Operación y Mto** | | |
| | | | TDA | DYD | IET | ONMT | OCV | INS | HAV | INSLP | COMA D | OCUP | MANT |
| Físico-químico | Suelo | Calidad del suelo | | | | | | | | | | | |
| | | Capacidad de infiltración y drenaje | | | | | | | | | | | |
| | | Erosión costera | | | | | | | | | | | |
| | | Estabilidad del suelo | | | | | | | | | | | |
| | Agua | Calidad del agua subterránea | | | | | | | | | | | |
| | | Capacidad de recarga | | | | | | | | | | | |
| | Atmósfera | Calidad del aire | | | | | | | | | | | |
| | | Temperatura del ambiente | | | | | | | | | | | |
| | | Ruido del ambiente | | | | | | | | | | | |
| Biótico | Flora y fauna | Diversidad y abundancia de especies de flora | | | | | | | | | | | |
| | | Diversidad y abundancia de especies de fauna | | | | | | | | | | | |
| | | Especies protegidas | | | | | | | | | | | |
| | | Hábitat Terrestres | | | | | | | | | | | |
| Abiótico | Paisaje | Calidad en la estructura del paisaje | | | | | | | | | | | |
| | | Calidad sanitaria del ambiente | | | | | | | | | | | |
| Socio-económico | Actividades económicas | Generación de empleo | | | | | | | | | | | |
| | | Demanda de prestación de servicios e Infraestructura | | | | | | | | | | | |
| | | Reactivación economica en la construcción-turística | | | | | | | | | | | |
| | Uso de suelo | Cambio de uso de suelo | | | | | | | | | | | |

Impacto adverso

Impacto combinado

Impacto positivo

4.1.3. Metodología para evaluar impactos ambientales

La valoración cualitativa se efectúa sobre la Matriz de Impactos. Cada casilla de cruce de la matriz arroja el efecto de cada acción impactante sobre cada factor ambiental impactado. Al ir determinando la importancia del impacto de cada elemento tipo, con base a la siguiente ecuación presentada:

**(I) = ± (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)**

| Denominación o significado del criterio | | Valor | Clasificación | Impacto |
|---|---|---|---|---|
| **(CI)** | **Carácter del impacto** | | | |
| | Se refiere al efecto benéfico o perjudicial de las diferentes acciones que van a incidir sobre los factores ambientales considerados. | **(+)** | Positivo. | |
| | | **(–)** | Negativo. | |
| | | **(X)** | Previsto. | Difícil de calificar sin estudios detallados, que reflejarán efectos cambiantes difíciles de predecir o efectos asociados a circunstancias externas al proyecto, cuya naturaleza (beneficiosa o perjudicial) no puede precisarse sin un estudio global de las mismas. |
| **(I)** | **Intensidad del impacto** | | | |
| | (Grado de afectación) Representa la cuantía o el grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en que actúa. | **(1)** | Baja. | Afectación mínima. |
| | | **(2)** | Media. | |
| | | **(4)** | Alta. | |
| | | **(8)** | Muy alta. | |
| | | **(12)** | Total | Destrucción casi total del factor. |
| **(EX)** | **Extensión del impacto** | | | |
| | Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con | **(1)** | Puntual. | Efecto muy localizado. |
| | | **(2)** | Parcial. | Incidencia apreciable en el medio. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | el entorno del proyecto (% del área respecto al entorno en que se manifiesta el efecto). | **(4)** | Extenso. | Afecta una gran parte del medio. |
| | | **(8)** | Total. | Generalizado en todo el entorno |
| | | **(+4)** | Crítico. | El impacto se produce en una situación crítica; se atribuye un valor de +4 por encima del valor que le correspondía. |
| **(SI)** | **Sinergia** | | | |
| | Este criterio contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples, pudiéndose generar efectos sucesivos y relacionados que acentúan las consecuencias del impacto analizado. | **(1)** | No sinérgico | Cuando una acción actuando sobre un factor no incide en otras acciones que actúan sobre un mismo factor. |
| | | **(2)** | Sinérgico | Presenta sinergismo moderado. |
| | | **(4)** | Muy sinérgico | Altamente sinérgico |
| **(PE)** | **Persistencia** | | | |
| | Refleja el tiempo que supuestamente permanecería el efecto desde su aparición. | **(1)** | Fugaz. | ( < 1 año). |
| | | **(2)** | Temporal. | (De 1 a 10 años). |
| | | **(4)** | Permanente. | ( > 10 años). |
| **(EF)** | **Efecto** | | | |
| | Se interpreta como la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción, o lo que es lo mismo, expresa la relación causa – efecto. | **(1)** | Directo o primario. | Su efecto tiene una incidencia inmediata en algún factor ambiental, siendo la representación de la acción consecuencia directa de esta. |
| | | **(2)** | Indirecto o secundario. | Su manifestación no es directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden. |
| **(MO)** | **Momento del impacto** | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Alude al tiempo que transcurre entre la acción y el comienzo del efecto sobre el factor ambiental. | **(1)** | Largo plazo. | El efecto demora más de 5 años en manifestarse. |
| | | **(2)** | Mediano Plazo. | Se manifiesta en términos de 1 a 5 años. |
| | | **(4)** | Corto Plazo. | Se manifiesta en términos de 1año. |
| | | **(+4)** | Crítico, | Si ocurriera alguna circunstancia crítica en el momento del impacto se adicionan 4 unidades. |
| **(AC)** | **Acumulación** | | | |
| | Este criterio o atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. | **(1)** | Simple. | Es el impacto que se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencia en la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación, ni en la de sinergia. |
| | | **(4)** | Acumulativo. | Es el efecto que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad, al carecer el medio de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento de la acción causante del impacto. |
| **(RC)** | **Recuperabilidad** | | | |
| | Posibilidad de introducir medidas correctoras, protectoras y de recuperación. Se refiere a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retomar a las condiciones iníciales (previas a la acción) por medio de la intervención humana. | **(1)** | Recuperable de inmediato. | El efecto puede recuperarse parcialmente. |
| | | **(2)** | Recuperable a mediano plazo. | |
| | | **(4)** | Mitigable. | |
| | | **(8)** | Irrecuperable. | Alteración imposible de recuperar, tanto por la acción natural como por la humana. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **(RV)** | **Reversibilidad** | | | |
| | Posibilidad de regresar a las condiciones iníciales por medios naturales. Hace referencia al efecto en el que la alteración puede ser asimilada por entorno (de forma medible a corto, mediano o largo plazo). | **(1)** | Corto plazo. | Retorno a las condiciones iníciales en menos de 1 año. |
| | | **(2)** | Mediano plazo. | Retorno a las condiciones iníciales en entre 1 y 10 años. |
| | | **(4)** | Irreversible. | Imposibilidad o dificulta extrema de retornar por medios naturales a las condiciones naturales, o hacerlo en un periodo mayor de 10 años. |
| **(PR)** | **Periodicidad** | | | |
| | Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto. | **(1)** | Irregular. | El efecto se manifiesta de forma impredecible. |
| | | **(2)** | Periódica. | El efecto se manifiesta de manera cíclica o recurrente. |
| | | **(4)** | Continua. | El efecto se manifiesta constante en el tiempo. |
| **Valoración cuantitativa del impacto** | | | | |
| **(IM)** | **Importancia del efecto** | | | |
| | Se obtiene a partir de la valoración cuantitativa de los criterios explicados anteriormente | **IM = ±[3(I) + 2(EX) + SI + PE + EF + MO + AC + RC + RV + PR** | | |
| **(CLI)** | **Clasificación del impacto** | | | |
| | Partiendo del análisis del rango de la variación de la importancia del efecto **(IM)**. | **(L)** | **LIGERO** | Si el valor es menor o igual que 25 |
| | | **(M)** | **MODERADO** | si su valor es mayor que 25 y menor o igual que 50 |
| | | **(I)** | **INTENSO** | si el valor es mayor que 50 y menor o igual que 75 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **(C)** | **CRÍTICO** | Si el valor es mayor que 75 |

- Si el valor es menor o igual que 25 se clasifica como **LIGERO (L)**.
- Si su valor es mayor que 25 y menor o igual que 50 se clasifica como **MODERADO (M)**.
- Si es mayor que 50 pero menor o igual que 75 entonces la clasificación del impacto es **INTENSO (I)**.

Si se obtiene un valor mayor que 75 la clasificación que se asigna es de **CRÍTICO (C)**.

Se elaboraron tres matrices, una para cada etapa del proyecto, debido a que las valoraciones numéricas de los impactos son variables de acuerdo con las diferentes etapas, sin embargo, se presenta una matriz síntesis de dicha evaluación.

*Tabla 14. Matríz de valorización de impactos detectados*

| MATRIZ DE VALORIZACIÓN DE IMPACTOS DETECTADOS | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Componente** | **Elementos susceptibles** | **Etapa** | **VALORIZACIÓN POR CRITERIO** | | | | | | | | | | | | |
| | | | **CI** | **I** | **EX** | **SI** | **PE** | **EF** | **MO** | **AC** | **RC** | **RV** | **PR** | **IM** | **CLI** |
| Físico-químico | Calidad del suelo | P | -1 | 8 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | -51 | *Intenso* |
| | | C | -1 | 8 | 2 | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 8 | 4 | 4 | -61 | *Intenso* |
| | | | 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 32 | *Moderado* |
| | | OP | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 21 | *Ligero* |
| | Capacidad de infiltración | P | -1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | 2 | -40 | *Moderado* |
| | | C | -1 | 8 | 2 | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | -57 | *Intenso* |
| | | OP | -1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | -21 | *Ligero* |
| | Erosión costera | P | -1 | 8 | 4 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | -53 | *Intenso* |
| | | C | -1 | 8 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | -61 | *Intenso* |
| | | OP | -1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | -38 | *Moderado* |
| | Estabilidad del suelo | P | -1 | 4 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | -31 | *Moderado* |
| | | C | -1 | 8 | 8 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | -61 | *Intenso* |
| | | OP | -1 | 2 | 1 | 2 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | -22 | *Ligero* |
| | Calidad del agua subterránea | P | -1 | 4 | 2 | 2 | 4 | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | 4 | -38 | *Moderado* |
| | | C | -1 | 4 | 4 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | -43 | *Moderado* |
| | | | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 21 | *Ligero* |
| | | OP | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 23 | *Ligero* |
| | Capacidad de recarga | P | -1 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 1 | -34 | *Moderado* |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C | -1 | 8 | 4 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | -52 | *Intenso* |
| | Calidad del aire | P | -1 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | -32 | *Moderado* |
| | | C | -1 | 8 | 4 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | 2 | 3 | 2 | -52 | *Intenso* |
| | | OP | -1 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | -32 | *Moderado* |
| | Modificación de la temperatura | P | -1 | 4 | 2 | 4 | 2 | 1 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | -39 | *Moderado* |
| | | C | -1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | -46 | *Moderado* |
| | Generación de ruido | P | -1 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 2 | -36 | *Moderado* |
| | | C | -1 | 8 | 8 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | -59 | *Intenso* |
| Biótico | Diversidad y abundancia de flora | P | -1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | -48 | *Moderado* |
| | | C | -1 | 4 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | -39 | *Moderado* |
| | | OP | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 2 | 1 | 2 | 21 | *Ligero* |
| | Diversidad y abundancia de fauna | P | -1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | -43 | *Moderado* |
| | | C | -1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | -47 | *Moderado* |
| | | OP | -1 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | -30 | *Moderado* |
| | Especies protegidas | P | -1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 2 | 1 | -23 | *Ligero* |
| | | C | -1 | 4 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | -37 | *Moderado* |
| | Afectación al hábitat terrestre | P | -1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | -45 | *Moderado* |
| | | C | -1 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | -38 | *Moderado* |
| Abióticos | Calidad en la estructura del paisaje | P | -1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | -32 | *Moderado* |
| | | C | -1 | 4 | 2 | 2 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | -41 | *Moderado* |
| | Calidad sanitaria del ambiente | P | -1 | 4 | 2 | 2 | 4 | 1 | 4 | 1 | 2 | 2 | 2 | -34 | *Moderado* |
| | | C | -1 | 4 | 4 | 2 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 4 | 1 | -41 | *Moderado* |
| | | OP | -1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | -27 | *Moderado* |
| Socioeconómico | Generación de empleo | P | 1 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 8 | 1 | 2 | 1 | 2 | 38 | *Moderado* |
| | | C | 1 | 8 | 4 | 4 | 1 | 1 | 8 | 1 | 2 | 1 | 2 | 52 | *Intenso* |
| | | OP | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 4 | 2 | 1 | 2 | 24 | *Ligero* |
| | Demanda de prestación de servicios e infraestructura | OP | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 20 | *Ligero* |
| | Reactivación económica en la construcción/turismo | P | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 36 | *Moderado* |
| | | C | 1 | 8 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 53 | *Intenso* |
| | | OP | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 47 | *Moderado* |
| | Cambio de uso de suelo | P | -1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | -45 | *Moderado* |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C | -1 | 8 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | -57 | *Intenso* |
| | | OP | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 20 | *Ligero* |

Así mismo, se realizó una tabla síntesis cuantitativa de los impactos detectados para obtener valores promedio por factor y por las etapas del proyecto, que se presenta a continuación.

*Tabla 15. Síntesis cuantitativa de los impactos valorizados*

| SINTESIS CUANTITATIVA DE LOS IMPACTOS DETECTADOS | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Subsistema** | **Factor ambiental** | **Etapa** | | | | | | **Valor promedio** | |
| | | **P** | | **C** | | **OP** | | **Factor** | **Subsitema** |
| Físico-químico | Calidad del suelo | - | -51 | 32 | -61 | 21 | - | -14.75 | **-35.96** |
| | Capacidad de infiltración | - | -40 | - | -57 | - | -21 | -39.33 | |
| | Erosión costera | - | -53 | - | -61 | - | -38 | -50.67 | |
| | Estabilidad del suelo | - | -31 | - | -61 | - | -22 | -38.00 | |
| | Calidad del agua subterránea | - | -38 | 21 | -43 | - | 23 | -9.25 | |
| | Capacidad de recarga | - | -34 | - | -52 | - | - | -43.00 | |
| | Calidad del aire | - | -32 | - | -52 | - | -32 | -38.67 | |
| | Modificación de la temperatura | - | -39 | - | -46 | - | - | -42.50 | |
| | Generación de ruido | - | -36 | - | -59 | - | - | -47.50 | |
| Biótico | Modificación en la diversidad y abundancia de flora | - | -48 | - | -39 | 21 | - | -22.00 | **-33.38** |
| | Modificación en la diversidad y abundancia de fauna | - | -43 | - | -47 | - | -30 | -40.00 | |
| | Especies protegidas | - | -23 | - | -37 | - | - | -30.00 | |
| | Afectación al habitat terrestre | - | -45 | - | -38 | - | - | -41.50 | |
| Abióticos | Calidad en la estructura del paisaje | - | -32 | - | -41 | - | - | -36.50 | **-35.25** |
| | Calidad sanitaria del ambiente | - | -34 | - | -41 | - | -27 | -34.00 | |
| Socio-económico | Generación de empleo | 38 | - | 52 | - | 24 | - | 38.00 | **19.00** |
| | Demanda de prestración de servicios e infraestructura | - | - | - | - | 20 | - | 20.00 | |
| | Reactivación económica en la construcción/turismo | 36 | - | 53 | - | 47 | - | 45.33 | |
| | Cambio de uso de suelo | - | -45 | - | -57 | 20 | - | -27.33 | |
| **Promedio** | | **-30.56** | | **-31.70** | | **0.46** | | **-23.98** | **-21.90** |

*Conclusión de la evaluación de impactos*

De acuerdo con la evaluación, se concluyó que el proyecto generará un total de 51 impactos ambientales, compuestos por 13 positivos (25.49%) y 38 negativos (74.51%); así mismo, los impactos se clasificaron en ligeros (10), moderados (29), intensos (12) y críticos (0), de los cuales, los impactos moderados representaron el 56.86% del total de los impactos, seguido del 23.53% de los impactos considerados intensos y 19.61% son considerados ligeros; ningún impacto detectado fue valorizado como "crítico". En la siguiente tabla puede apreciarse de manera general los resultados de la evaluación.

*Tabla 16. Resultados de la evaluación por nivel y caracterización de impactos*

| RESULTADOS POR NIVEL DE IMPACTO | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Magnitud** | **Impactos** | **Porcentaje** | **Positivos** | **%** | **Negativos** | **%** |
| Ligero | 10 | 19.61% | 7 | 13.73% | 3 | 5.88% |
| Moderado | 29 | 56.86% | 4 | 7.84% | 25 | 49.02% |
| Intenso | 12 | 23.53% | 2 | 3.92% | 10 | 19.61% |
| Crítico | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% |
| ***Total*** | ***51*** | ***100.00%*** | ***13*** | ***25.49%*** | ***38*** | ***74.51%*** |

### 4.3. Conclusión integral del Manifiesto de Impacto Ambiental

Con base en la información desarrollada en los diferentes capítulos que integran la presente Manifestación de Impacto Ambiental, así como en la caracterización del Sistema Ambiental, la descripción del proyecto, la identificación y valoración de los impactos ambientales y el análisis de las medidas de prevención y mitigación propuestas, se concluye que el proyecto "VILLAS ARENAL" presenta una condición de mediano impacto ambiental, principalmente asociada a las actividades de preparación del sitio y construcción, considerando sus dimensiones arquitectónicas, las características actuales y el estado de conservación del predio, así como la sensibilidad y fragilidad de los ecosistemas costeros presentes en su entorno.

La evaluación realizada permitió identificar que los impactos ambientales de mayor relevancia se concentran en los factores bióticos y en la estructura del paisaje, mientras que, a nivel de los componentes ambientales susceptibles de afectación, destacan principalmente el suelo, el agua y la atmósfera. Estos impactos se encuentran asociados principalmente con las actividades propias de la etapa constructiva, tales como la preparación del sitio, el movimiento y manejo de materiales, la generación de residuos, la modificación puntual de la cobertura del terreno y la emisión temporal de partículas a la atmósfera.

No obstante, la magnitud y alcance de dichos impactos se encuentran condicionados por la superficie efectivamente intervenida por el proyecto. La huella de edificación no ocupa la totalidad del predio, por lo que se conservarán superficies libres de construcción. En estas áreas se evitará, en la medida de lo posible, la colocación de materiales impermeables que alteren las condiciones naturales de infiltración del terreno, con excepción de las superficies específicamente destinadas a las piscinas contempladas en el proyecto. Esta condición permite limitar la transformación física del predio y reducir la pérdida de permeabilidad del suelo.

Como parte de la estrategia de manejo ambiental, el proyecto contempla áreas verdes y acciones de reforestación con especies nativas y endémicas, particularmente aquellas compatibles con las condiciones de la vegetación de matorral de duna costera. Estas acciones permitirán compensar parcialmente la modificación de la cobertura vegetal derivada de las actividades constructivas y contribuirán a mantener y mejorar las condiciones ambientales y paisajísticas del predio. Asimismo, considerando el contexto costero en el que se encuentra VILLAS ARENAL, la utilización de especies propias de la región favorecerá la integración del proyecto con el paisaje natural existente y contribuirá a la recuperación de sectores correspondientes a dunas pioneras.

En materia de prevención y mitigación, como resultado de la evaluación de impactos se establecen 10 medidas de prevención y 5 medidas de mitigación, dirigidas a reducir la

magnitud, extensión y duración de los impactos identificados. Entre las medidas de mayor relevancia se encuentra el adecuado manejo de los residuos sólidos mediante la aplicación del Plan de Manejo de Residuos Sólidos, cuya implementación deberá mantenerse durante las diferentes etapas del proyecto. Asimismo, se contempla el humedecimiento periódico de materiales susceptibles de generar polvo y el uso de lonas durante su transporte, con el propósito de disminuir la dispersión de partículas hacia las áreas circundantes.

La generación de partículas durante la etapa de construcción constituye un impacto temporal asociado directamente con la naturaleza de las actividades que serán desarrolladas. Por ello, aunque su eliminación completa no resulta técnicamente posible, la aplicación sistemática de las medidas de prevención permitirá mantener este impacto bajo condiciones controladas, reduciendo su intensidad y alcance. De igual manera, el manejo adecuado de los residuos, el control de materiales y la supervisión permanente de las actividades constructivas permitirán evitar que impactos puntuales se traduzcan en afectaciones de mayor extensión dentro del Sistema Ambiental.

Respecto al recurso hídrico, se considera de particular importancia la protección de la calidad del agua subterránea, debido a las condiciones hidrogeológicas características de la zona costera de Yucatán. En este sentido, el adecuado funcionamiento y mantenimiento del SiTAR permitirá realizar un manejo controlado de las aguas residuales generadas durante la operación del proyecto, disminuyendo el riesgo de afectación al subsuelo y al acuífero. La correcta operación del sistema deberá complementarse con las actividades de mantenimiento, vigilancia y seguimiento establecidas en los programas ambientales correspondientes.

Por otra parte, la evaluación identificó impactos positivos asociados al componente socioeconómico, principalmente en los rubros de infraestructura, servicios y generación de empleo. Durante las etapas de preparación del sitio y construcción se generarán empleos temporales relacionados con las actividades requeridas para la ejecución del proyecto, lo que representa un beneficio económico para trabajadores y prestadores de servicios de la localidad y de la región. Durante la etapa de operación, la presencia de la vivienda y la infraestructura asociada generará una demanda permanente de determinados servicios de mantenimiento y conservación.

De manera complementaria, la implementación del Programa de Vigilancia Ambiental constituye un elemento fundamental para garantizar que las medidas propuestas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental sean aplicadas de manera adecuada durante las diferentes etapas del proyecto. El seguimiento permitirá verificar el cumplimiento de las medidas de prevención y mitigación, identificar oportunamente posibles desviaciones y, en caso necesario, establecer acciones correctivas que permitan mantener los impactos dentro de los niveles previstos en la evaluación ambiental.

En cuanto al marco de ordenamiento territorial, el proyecto se encuentra sujeto a las disposiciones establecidas por los instrumentos de planeación ambiental aplicables a la

zona. De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY), el predio se localiza dentro de la UGA006-APROV-DZE, cuyo uso se encuentra clasificado como Condicionado. Esta condición implica que el desarrollo de las actividades propuestas deberá sujetarse al cumplimiento de los criterios, restricciones y disposiciones ambientales aplicables, así como de las condicionantes que, en su caso, determine la autoridad competente.

De manera complementaria, el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY) reconoce el uso de suelo solicitado como compatible, por lo que el proyecto deberá desarrollarse atendiendo tanto las disposiciones de este instrumento como aquellas establecidas por los demás ordenamientos territoriales, ambientales y urbanos aplicables al sitio.

En este sentido, la condición de uso condicionado establecida por el POETY no representa por sí misma una incompatibilidad con el desarrollo del proyecto, sino que establece la necesidad de que este se ejecute bajo criterios de manejo ambiental y en estricto apego a las disposiciones aplicables. La compatibilidad reconocida por el POETCY, aunada al cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación, manejo y vigilancia ambiental propuestas, permite establecer un marco de actuación orientado a reducir las posibles afectaciones sobre los componentes ambientales del sitio.

En términos generales, los impactos ambientales identificados para VILLAS ARENAL se concentran principalmente durante la etapa de construcción, presentan un carácter predominantemente puntual y temporal y pueden ser controlados mediante la aplicación adecuada de las medidas ambientales propuestas. Asimismo, durante la operación se prevé que los principales efectos ambientales puedan mantenerse bajo condiciones controladas mediante el funcionamiento adecuado del SiTAR, el mantenimiento de las áreas verdes, el manejo responsable de los residuos y la aplicación continua del Programa de Vigilancia Ambiental.

Por lo anterior, considerando de manera integral las características del proyecto, las condiciones actuales del predio, la capacidad de recuperación de los componentes ambientales, la superficie efectivamente intervenida, la naturaleza y magnitud de los impactos identificados, las medidas de prevención y mitigación propuestas, los beneficios socioeconómicos previstos y la regulación establecida por los instrumentos de ordenamiento territorial aplicables, se considera que el proyecto “VILLAS ARENAL” es ambientalmente viable, siempre que su ejecución y operación se lleven a cabo en estricto cumplimiento de la legislación y normatividad ambiental vigente, de los criterios establecidos por el POETY y el POETCY, de las medidas y programas ambientales contenidos en la presente Manifestación de Impacto Ambiental y de las condicionantes que, en su caso, establezca la autoridad ambiental competente.

Finalmente, la viabilidad ambiental del proyecto estará directamente vinculada con el cumplimiento efectivo y verificable de las medidas propuestas, por lo que el promovente

deberá garantizar los recursos técnicos, humanos y materiales necesarios para su implementación, seguimiento y mantenimiento durante las diferentes etapas de VILLAS ARENAL, con el propósito de prevenir afectaciones innecesarias, reducir los impactos inevitables y favorecer la conservación de las condiciones ambientales del sitio y de su entorno costero.

**Por lo antes expuesto, puede concluirse que la ejecución del proyecto "*VILLAS ARENAL*" es considerado VIABLE, quedando estrictamente condicionada a la aprobación de este estudio y al cumplimiento de las condicionantes y normatividad aplicable contenida en este estudio**.

## Bibliografía


- Bautista, F., Palacio-Aponte, G., Quintana, P., y Zinck, J. A. (2011). Spatial distribution and development of soils in tropical karst areas from the Peninsula of Yucatan, Mexico. Geomorphology, 135(3), 308-321.
- Brokaw, N., Bonilla, N., Knapp, S., MacVean, A., Ortiz, J. J., Peña-Chamorro, M., . & Tun-Garrido, J. (2011). Arboles del mundo maya. Natural History Museum, Mérida.
- Calderón R., Bahena B., Calmé S. (2005). Anfibios y reptiles de la reserva de la biosfera de Sian Ka´an y zonas aledañas. Fondo para el medio ambiente mundial. Quintana roo, México. 111p
- Centro De Investigaciones Científicas De Yucatán. (s.f). *Flora de la península de Yucatán. https://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/indice_busqueda.php*
- Cervantes, M. (2007). Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, DF, México, 37-67.
- Chan-Vermont C., Rico-Gray V. y Flores J.S. (2002). Guía Ilustrada de la Flora Costera Representativa de la Península de Yucatán. Programa Etnoflora Yucatanense. Fascículo No. 19. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.
- Duch Gary, J. (1988). La conformación territorial del estado de Yucatán: los componentes del medio físico. Universidad Autónoma de Chapingo, Centro Regional de la Península de Yucatán.
- Fernández, V y Vitora (2000). Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental". Segunda edición. Madrid, España.
- Flores, S. J. y Espejel, C. I. 1994. Tipos de vegetación de la península de Yucatán. Fasc. 3. UADY. 135 p.
- Flores-Guido, J. S., & Espejel-Carvajal, I. (1994). Tipos de vegetación de la península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. Fascículo, 19733(10).Friedman, J. B. (2009). Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México. Volumen II. Instituto Nacional de Ecología.
- Flores-Guido, J. S., & Espejel-Carvajal, I. (1994). Tipos de vegetación de la península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. Fascículo, 3(10).
- García, E. (). Modificaciones al sistema de [_clasificación climática de Kopen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Reporte Técnico, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kopen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Reporte Técnico, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- García-Gil, G. y Graniel-Castro E. (2010). Geología. En Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán, Durán García R. y M. Méndez González (eds.). Mérida [Yucatán]: Centro de Investigación Científica de Yucatán / Programa de Pequeñas Donaciones del Fondo para el Medio Ambiente / Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Yucatán, 4–6.
- García-Gil, G., & Graniel-Castro E. 2010. Geología. En Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán, Durán García R. y M. Méndez González (eds.). Mérida [Yucatán]: Centro de Investigación Científica de Yucatán.
- Guadarrama P., Salinas P.L, Ramos Z.J., Castillo A.S., Bonilla V. L., Chiappa C.X. 2016. Métodos de estudio en comunidades vegetales costeras de Yucatán y guía de campo. Universidad Nacional Autónoma de México. Programa de apoyo a proyectos para la innovación y mejoramiento de enseñanza (PAPIME). Mérida, Yucatán. 171 p.
- Hubp, J. L., Quesado, J. F. A., y Pereño, R. E. (1992). Rasgos geomorfológicos mayores de la península de Yucatán. Revista mexicana de ciencias geológicas, 10(2), 143-150.
- Hubp, J. L., Quesado, J. F. A., y Pereño, R. E. (1992). Rasgos geomorfológicos mayores de la península de Yucatán. Revista mexicana de ciencias geológicas, 10(2), 143-150.
- J.S. Flores, R. Durán y J.J. Ortiz-Díaz. (2010). Comunidades vegetales terrestres. R.D. Yucatán, M. Méndez (Eds.), Biodiversidad y desarrollo humano, CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA (2010), pp. 125–129.
- Llamosa N. E., Rodríguez M. G., (2011). Aves comunes de la península de Yucatán. Editorial Dante. Mérida Yucatán. 144p.
- López-Ramos, E. (1973). Península de Yucatán Geología Superficial. Heidi and Ward eds. Carbonate Rocks. Pág, 3.
- Macías Medrano, J. M., y Avendaño García, A. (2014). Climatología de tornados en México. Investigaciones geográficas, (83), 74-87.
- Matteucci. D. s., Colma A. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía 22. Serie biología. Secretaria general de la organización de los estados americanos, programa regional de desarrollo científico y tecnológico, Washington D.C.
- Miller TE., Gornish E.S. y Buckley H.L. (2010). Climate and coastal dune vegetation: disturbance, recovery and succession. Plant ecology 206:97–104.
- Mueller–Dombois D. y Ellenberg H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley, Nueva York. 547 p.
- Mueller-Dombois, D., y Ellenberg, H. (1974). Aims and methods of vegetation analysis. New York: Ed. J. Wiley & Sons, 547.
- Orellana R., Balam K.M., Bañuelos I., García M.E., González–Iturbe J.A., Herrera C.F. y Vidal L.J. 1999. Evaluación climática. En: García de Fuentes A. y Córdoba–Ordoñez

J. Eds. Atlas de Procesos Territoriales de Yucatán, pp.163–182 Universidad Autónoma de Yucatán, México.

- Pennington T.D. y Sarhukán J. 1998. Arboles tropicales de México. Universidad Nacional Aútonoma de México y Fondo Cultural. México, D.F. 52 1 p.
- Pla, Laura. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. Interciencia, 31(8), 583-590. Recuperado en 10 de agosto de 2021, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442006000800008&lng=es&tlng=es
- Secretaría de desarrollo sustentable. (S. F.). Bitácora ambiental, Programa del Ordenamiento Ecológico Territorial del estado de Yucatán. https://bitacoraordenamiento.yucatan.gob.mx/index.php
- Tun-Dzul, F. y Manzanilla-Domínguez, H. (2005). Los Huracanes: Su Impacto en la Península de Yucatán en los Últimos 100 años.
- UNAM. (2010). Servicio Mareográfico Nacional. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geofísica. www.mareografico.unam.mx.