# MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

## Modalidad Regional

**Del Proyecto:**

## "TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Con pretendida ubicación en el Municipio de Tulum, en el estado de Quintana Roo.**

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

**Promovente:**

**Octubre de 2026**

# ÍNDICE

**CAPÍTULO I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....6**

**I.1. NOMBRE DEL PROYECTO .....7**
**I.2. DURACIÓN DEL PROYECTO.....7**
**I.3. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE.....7**
I.3.1. Nombre o razón social.....7
I.3.2. Nombre y cargo del representante legal .....8
I.3.3. Domicilio para recibir y oír notificaciones .....8
I.3.4. Correos electrónicos y teléfonos .....8
**I.4. DATOS DEL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO .....8**
I.4.1. Nombre o razón social .....8
I.4.2. Registro Federal de Contribuyentes .....8
I.4.3. Nombre del responsable técnico del estudio.....8
I.4.4. Dirección del responsable técnico del estudio.....9
I.4.5. Participantes en la elaboración del estudio.....9
I.4.6. Declaración de responsabilidad.....9
**I.5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA Y DEL PROYECTO.....10**
I.5.1. Naturaleza, objetivo y selección del sitio .....10
I.5.2. Ubicación y restricciones del sitio .....11
I.5.3. Superficies y delimitación .....14
I.5.4. Uso del suelo y vegetación .....16
I.5.5. Agua superficial, escurrimientos y zonas federales .....16
I.5.6. Inversión requerida .....17
I.5.7. Componente y elementos funcionales.....18
I.5.8. Cronograma.....22
I.5.9. Etapas y procedimientos.....23
I.5.10. Recursos, consumos, emisiones y residuos .....38
I.5.11. Afectaciones asociadas a las características del proyecto .....41
I.5.12. Información cuantitativa por etapa.....42
I.5.13. Fundamento de la evaluación ambiental y soporte técnico.....42
**I.6. BIBLIOGRAFÍA.....43**



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1. Duración por etapa. Programa indicativo sujeto al proyecto ejecutivo. Elaboración propia. 6
Tabla I.2. Identificación del promovente. Elaboración propia. 6
Tabla I.3. Identificación del responsable del estudio. Elaboración propia. 7
Tabla I.4. Ficha técnica general del Proyecto. Elaboración propia. 8
Tabla I.5. Referencias de localización. Elaboración propia. 11
Tabla I.6. Incidencia de la subzonificación del Parque Nacional Tulum. Elaboración propia. 12
Tabla I.7. Coordenadas del Área del Proyecto (AP) en UTM zona 16N. Elaboración propia. 12
Tabla I.8. Superficie del área del proyecto. Elaboración propia. 13
Tabla I.9. Superficies generales para evaluación. Elaboración propia. 14
Tabla I.10. Elementos y superficies internas. Elaboración propia. 14
Tabla I.11. Distribución general de superficies. Elaboración propia. 14
Tabla I.12. Condición de la vegetación y criterio de intervención. Elaboración propia. 15
Tabla I.13. Criterios preliminares de manejo pluvial. 15
Tabla I.14. Estimación paramétrica de la inversión a precios de 2026. Elaboración propia. 16
Tabla I.15. Capacidad y dimensiones del estacionamiento. Elaboración propia. 17
Tabla I.16. Parámetros preliminares del sistema fotovoltaico. Elaboración propia. 19
Tabla I.17. Escenario preliminar de demanda eléctrica anual. Elaboración propia. 20
Tabla I.18. Servicios e infraestructura de apoyo. Elaboración propia. 20
Tabla I.19. Programa general indicativo de ejecución. Elaboración propia. 21
Tabla I.20. Escenario preliminar de personal y jornales. Elaboración propia. 22
Tabla I.21. Cantidades de obra y materiales. Elaboración propia. 36
Tabla I.22. Maquinaria, horas y combustibles; escenario de planeación. 37
Tabla I.23. Agua y energía por etapa; valores preliminares. Elaboración propia. 38
Tabla I.24. Inventario energético de gases de efecto invernadero. Elaboración propia. 38
Tabla I.25. Residuos de preparación y construcción. Elaboración propia. 39
Tabla I.26. Residuos y aguas residuales de operación. Elaboración propia. 39
Tabla I.27. Interacciones ambientales y controles incorporados. Elaboración propia. 40
Tabla I.28. Resumen de parámetros por etapa. Elaboración propia. 40
Tabla I.29. Autorizaciones y condiciones previas al inicio. Elaboración propia. 41



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1. Ubicación regional y local del Área del Proyecto. Elaboración propia. 11
Figura I.2. Componentes del Proyecto dentro del AP. Elaboración propia. 12
Figura I.3. Planta arquitectónica de conjunto. Elaboración propia. 17
Figura I.4. Cortes arquitectónicos de las cubiertas fotovoltaicas. Elaboración propia. 19
Figura I.5. Preparación del sitio. Elaboración propia. 23
Figura I.6. Construcción. Elaboración propia. 24
Figura I.7. Excavaciones, rellenos y conformación de niveles. Elaboración propia. 25
Figura I.8. Terracerías y estructura de soporte. Elaboración propia. 26
Figura I.9. Obras de concreto, cimentaciones y estructura metálica. Elaboración propia. 29
Figura I.10. Cubiertas e instalación del sistema fotovoltaico. 30
Figura I.11. Iluminación, señalamiento y equipos auxiliares. Elaboración propia. 31
Figura I.12. Integración de áreas verdes y jardineras. Elaboración propia. 32
Figura I.13. Controles ambientales durante la construcción (1 de 2). Elaboración propia. 32
Figura I.14. Controles ambientales durante la construcción (2 de 2). Elaboración propia. 33
Figura I.15. Terminación, limpieza y puesta en servicio. Elaboración propia. 34
Figura I.16. Perspectivas del Proyecto. Elaboración propia. 36



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

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

El presente capítulo describe las obras y actividades asociadas al estacionamiento previsto junto al acceso sur del Parque del Jaguar, dentro del Parque Nacional Tulum. La información se integró a partir del cuadernillo arquitectónico vigente, la cartografía georreferenciada de los componentes, el proceso constructivo entregado por el promovente y la ficha técnica del módulo fotovoltaico. El estudio se presenta en modalidad Regional, de conformidad con los artículos 10, fracción I, 11, fracción IV, y 13 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, a fin de evaluar la interacción del Proyecto con los componentes de la Región Ecológica (RE) y los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que pudieran presentarse.

El Área del Proyecto (AP) comprende un solo polígono de 10,000.00 m² (1.0000 ha). El diseño distribuye 8,665.00 m² para el estacionamiento y sus superficies funcionales, y 1,335.00 m² para áreas verdes y jardineras. La geometría de trabajo puede arrojar diferencias de centímetros debido a la precisión de las coordenadas; para todos los balances, porcentajes y compromisos de superficie, la cifra rectora es 10,000.00 m².

Todas las obras permanentes, las instalaciones provisionales y los apoyos de construcción permanecerán dentro del AP. Las cubiertas y los módulos fotovoltaicos se superponen a los cajones y no incrementan la superficie del Proyecto. En los mapas se utiliza la denominación funcional abreviada “TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)”; esta corresponde al mismo Proyecto, cuyo nombre oficial se consigna en el apartado I.1.

El estacionamiento se concibe como infraestructura pública de apoyo a la administración del acceso sur. Su función es recibir y ordenar los vehículos provenientes de la red vial exterior, concentrar el descenso de visitantes y facilitar la continuidad peatonal o mediante los sistemas internos que determine la administración del Parque. No se le atribuye un uso inmobiliario autónomo ni una actividad comercial distinta de la operación institucional del acceso.

La planta organiza 158 espacios: 78 cajones estándar sin cubierta, 68 cajones estándar con cubierta de paneles fotovoltaicos (CPF), siete cajones para personas con movilidad reducida (PMR) y cinco espacios para autobuses. Los 68 CPF y los siete PMR integran los 75 espacios con cubierta fotovoltaica. El acceso, la salida, las circulaciones y los recorridos peatonales se resuelven dentro del mismo polígono.

El alcance se limita al estacionamiento y a los elementos indispensables para su seguridad, accesibilidad, drenaje, control, iluminación, paisaje y generación fotovoltaica. No comprende alojamiento, comercio, preparación o venta de alimentos, talleres, suministro fijo de combustible, campamento permanente ni una planta de tratamiento nueva.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D “Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez”. Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

## I.1. NOMBRE DEL PROYECTO

TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO).

## I.2. DURACIÓN DEL PROYECTO

Para efectos de planeación se adopta un programa indicativo de 2.5 meses: en los primeros 15 días (0.5 meses) con actividades de preparación del sitio y 2 meses de construcción, con traslapes únicamente entre frentes compatibles. La vida útil solicitada es de 50 años, contados a partir de la puesta en servicio. El cierre definitivo, si no se gestiona la continuidad operativa, se prevé en 3 meses. Ningún plazo autoriza el inicio de las obras antes de obtener las resoluciones y los permisos aplicables.

**Tabla I.1. Duración por etapa. Programa indicativo sujeto al proyecto ejecutivo. Elaboración propia.**

| Etapa | Duración | Alcance |
|---|---|---|
| Preparación del sitio | 0.5 mes | Prospección, liberaciones, delimitación, trazo y preparación por frentes |
| Construcción | 2 meses | Terracerías, drenaje, obras civiles, cubiertas, instalaciones, paisaje y pruebas |
| Operación y mantenimiento | 50 años | Servicio, seguridad, limpieza, paisaje y mantenimiento |
| Cierre definitivo | 3 meses | Programa específico, desmontaje, retiro y restitución |

## I.3. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

### I.3.1. Nombre o razón social

Grupo Aeroportuario, Ferroviario, de Servicios Auxiliares y Conexos, Olmeca-Maya-Mexica, S.A. de C.V., comercialmente identificado como Grupo Mundo Maya, con Registro Federal de Contribuyentes GAF220603TC4.

**Tabla I.2. Identificación del promovente. Elaboración propia.**

| Campo | Dato |
|---|---|
| Razón social | Grupo Aeroportuario, Ferroviario, de Servicios Auxiliares y Conexos, Olmeca-Maya-Mexica, S.A. de C.V. |
| Nombre comercial | Grupo Mundo Maya |
| RFC | GAF220603TC4 |
| Representante legal | Lic. Iván de Jesús Pérez Rosas |
| Domicilio | Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D “Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez”. Sta Lucía, Edo. Mex. CP: 55640 |
| Correo institucional | gafsaomm@sedena.gob.mx |
| Teléfono institucional | 554 929 5353 |

### I.3.2. Nombre y cargo del representante legal

El promovente comparece por conducto del **Lic. Iván de Jesús Pérez Rosas** actual **Director de Parques y Espacios Culturales,** en su carácter de representante legal. La personalidad se sustenta en las facultades vigentes del promovente.

### I.3.3. Domicilio para recibir y oír notificaciones

[redacted]

### I.3.4. Correos electrónicos y teléfonos

[redacted]

Estos medios corresponden al promovente y se emplean para comunicaciones oficiales del procedimiento.

## I.4. DATOS DEL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO

### I.4.1. Nombre o razón social

ECOSFERA Consultoría, Desarrollo y Supervisión Ambiental, S.A. de C.V.

### I.4.2. Registro Federal de Contribuyentes

[redacted]

### I.4.3. Nombre del responsable técnico del estudio

[redacted]

### I.4.4. Dirección del responsable técnico del estudio

[redacted]

**Tabla I.3. Identificación del responsable del estudio. Elaboración propia.**

| Campo | Dato |
|---|---|
| Razón soial | [redacted] |
| RFC | |
| Responsable técnico | |
| Cédula profesional | |
| Domicilio | |

## I.4.5. Participantes en la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental

[redacted]

## I.4.6. Declaración de responsabilidad

Yo, [redacted], declaro bajo protesta de decir verdad que los resultados de esta Manifestación de Impacto Ambiental se obtuvieron mediante la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y con la mayor información disponible; asimismo, que las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración propuestas son las más efectivas para evitar, reducir, controlar o compensar los impactos ambientales identificados. Asumo la responsabilidad por el contenido técnico que suscribo, en términos del artículo 35 BIS 1 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y del artículo 36 de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. La firma electrónica del responsable técnico quedará vinculada a la presentación oficial del estudio.

[redacted]

**Tabla I.4. Ficha técnica general del Proyecto. Elaboración propia.**

| Parámetro | Definición adoptada |
|---|---|
| Nombre | Trabajos para el mejoramiento operativo del Parque del Jaguar, Tulum, Quintana Roo (Estacionamiento) |
| Modalidad | Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional (MIA-R) |
| Promovente | Grupo Aeroportuario, Ferroviario, de Servicios Auxiliares y Conexos, Olmeca-Maya-Mexica, S.A. de C.V. |
| Ubicación | Acceso sur del Parque del Jaguar, dentro del Parque Nacional Tulum |
| Superficie | 10,000.00 m² (1.0000 ha) |
| Capacidad | 158 espacios: 78 estándar, 68 CPF, 7 PMR y 5 autobuses |
| Cubiertas | 75 espacios: 68 CPF y 7 PMR |
| Sistema fotovoltaico | Estimación de 300 módulos de 660 Wp; 198.00 kWp DC |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| Parámetro | Definición adoptada |
|---|---|
| Ejecución | 15 días para la preparación del sitios y 2 meses para la construcción (2.5 meses), conforme al programa indicativo |
| Operación | 50 años |
| Cierre | 3 meses, sujeto a programa específico |
| Inversión integral | $48,390,461.87 MXN de 2026; estimación paramétrica incluida la provisión de cierre |

# I.5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA Y DEL PROYECTO

## I.5.1. Naturaleza, objetivo y selección del sitio

Se habilitará un estacionamiento para visitantes con capacidad simultánea para 158 vehículos. La configuración vigente comprende 78 cajones estándar sin cubierta, 68 cajones estándar con cubierta fotovoltaica, siete cajones PMR y cinco espacios para autobuses, además de accesos diferenciados, circulaciones, recorridos peatonales, lobby, rampas, áreas verdes, jardineras, iluminación, señalamiento y control de acceso.

La finalidad pública es corregir la dispersión del estacionamiento y los recorridos innecesarios que hoy se producen en el acceso sur. Al concentrar el arribo en un punto controlado, se reducen las maniobras en la vía exterior, se separan los flujos peatonales y vehiculares y se mejora la accesibilidad. El beneficio operativo no sustituye la obligación de demostrar la compatibilidad con el Programa de Manejo del Parque Nacional Tulum.

La selección consideró mantener el esquema disperso actual, distribuir los espacios en varias superficies y concentrarlos junto al acceso sur. La alternativa concentrada ofrece continuidad con el punto de recepción existente y permite controlar una sola huella. Su viabilidad definitiva depende, sin embargo, de la determinación expresa de compatibilidad territorial y ambiental por las autoridades competentes.

El edificio del acceso sur y cualquier infraestructura sanitaria existente quedan fuera del alcance de la obra. El Proyecto no amplía esos edificios ni incorpora una planta de tratamiento de aguas residuales. Cualquier conexión a servicios existentes requerirá verificar previamente su capacidad, integridad y autorización de uso.

### 1.5.1.1. Objetivos

Habilitar un estacionamiento para un turismo responsable e incluyente dentro del Parque Nacional Tulum y el Parque del Jaguar, el cual armonice con el entorno natural y coadyuve al funcionamiento eficiente y eficaz de estos parques. Como objetivos particulares tenemos:

- Proporcionar un espacio para el control de los vehículos que entran a los parques.
- Ofrecer un espacio de rápido arribo ante contingencias que deberán ser atendidas por protección civil.

- Contar con un sitio para el arribo operativo para las actividades de manejo dentro de los parques.

Cumplir con los objetivos presidenciales del **Plan Tulum Renace** (publicación en el DOF https://dof.gob.mx/nota_to_pdf.php?fecha=17/07/2026&edicion=VES) en el cual se La Presidenta, anunció la publicación en el Diario Oficial de la Federación (DOF) del Plan Tulum Renace, que contempla entrada gratuita al Parque del Jaguar, así como nuevas tarifas para el acceso a la Zona Arqueológica y al Área Natural Protegida. Los 10 puntos estratégicos son los siguientes, y en donde el proyecto se ajusta correctamente con el 6, 7 y 8:

1. Entrada gratuita al Parque del Jaguar para visitantes nacionales.
2. Se reduce el costo de las tarifas de manera histórica por parte del INAH y de la CONANP: 80 pesos para visitantes nacionales y gratuito en domingo; mientras que para visitantes extranjeros el costo será de 265 pesos.
3. Se establecerá un sistema de movilidad eléctrica dentro del Parque del Jaguar como un servicio para todas y todos los usuarios.
4. Implementación con la Guardia Nacional de un modelo de atención y cuidado al turista.
5. Implementación del plan de profesionalización y certificación para prestadores de servicios turísticos, para que la calidad y la narrativa sea la mejor para los visitantes.
6. **Construcción de un estacionamiento en el acceso sur.**
7. **Implementación de un plan de ordenamiento y mejoras de servicios públicos para el pueblo de Tulum.**
8. **Creación de un nuevo sistema de transporte público, que cambiará la movilidad y la experiencia en Tulum.**
9. Se realizará una campaña de promoción que seguirá de manera constante y permanente con una narrativa de lo que es la riqueza de nuestra gente, de la gastronomía y de todos los productos turísticos.
10. Implementación de un programa integral para la atracción de nuevas rutas aéreas y el impulso a la conectividad entre el aeropuerto y el centro de Tulum para que con ello se continúe conectando al destino con el mundo entero.

-



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

## I.5.2. Ubicación y restricciones del sitio

El AP se localiza en el municipio de Tulum, Quintana Roo, junto al acceso sur del Parque del Jaguar y dentro del Parque Nacional Tulum. La avenida Cobá/QR 15 y la carretera a Boca Paila constituyen las referencias viales inmediatas. El centro aproximado se ubica en 20.1884149° N y 87.4434692° O, en WGS 84 / UTM zona 16 Norte (EPSG:32616).

**Tabla I.5. Referencias de localización. Elaboración propia.**

| Dato | Descripción |
|---|---|
| Entidad federativa | Quintana Roo |
| Municipio | Tulum |
| Sitio | Acceso sur del Parque Nacional Tulum y el Parque del Jaguar |
| Área natural protegida | Parque Nacional Tulum |
| Vialidades de referencia | Avenida Cobá/QR 15 y carretera a Boca Paila |
| Referencia central aproximada | 20.1884149° N; -87.4434692° O |
| Datum geodésico | WGS 84 |
| Sistema proyectado | UTM zona 16 Norte |
| Código EPSG | 32616 |
| Unidades | Metros |
| Superficie rectora | 10,000.00 m² (1.0000 ha) |

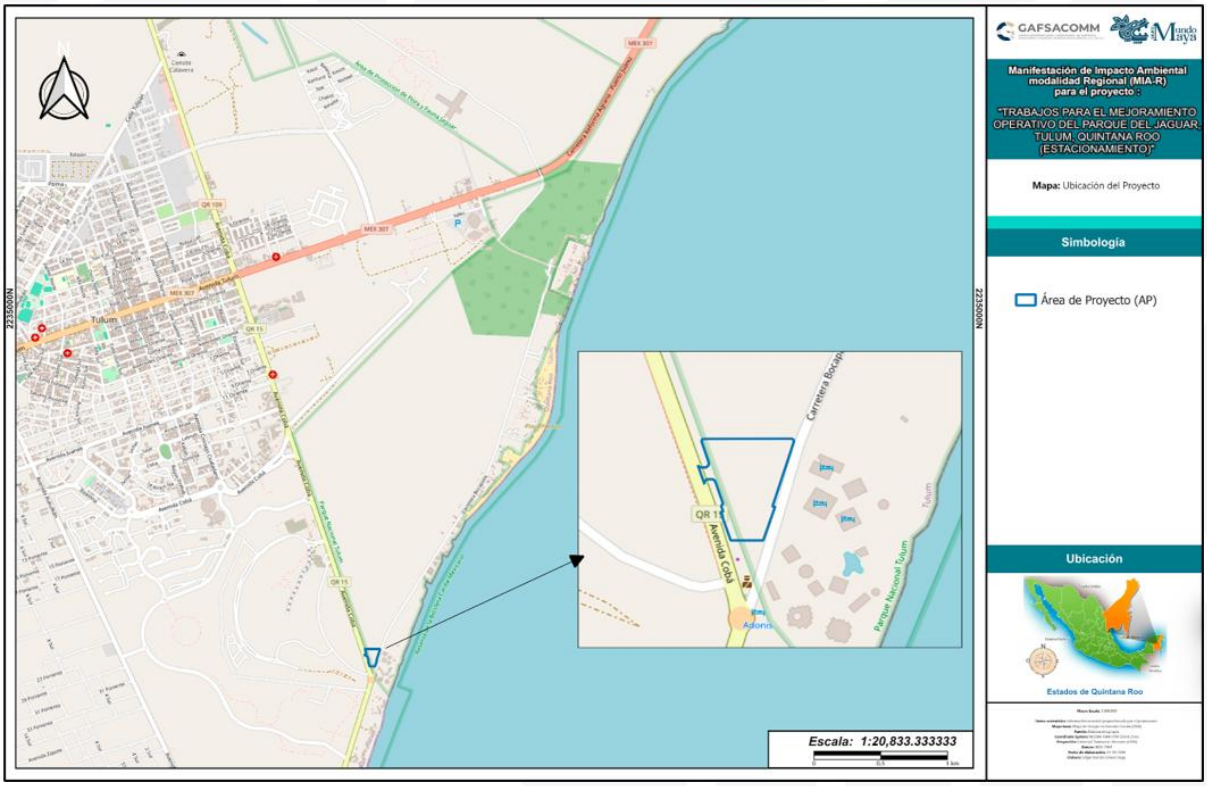



**Figura I.1. Ubicación regional y local del Área del Proyecto. Elaboración propia.**


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

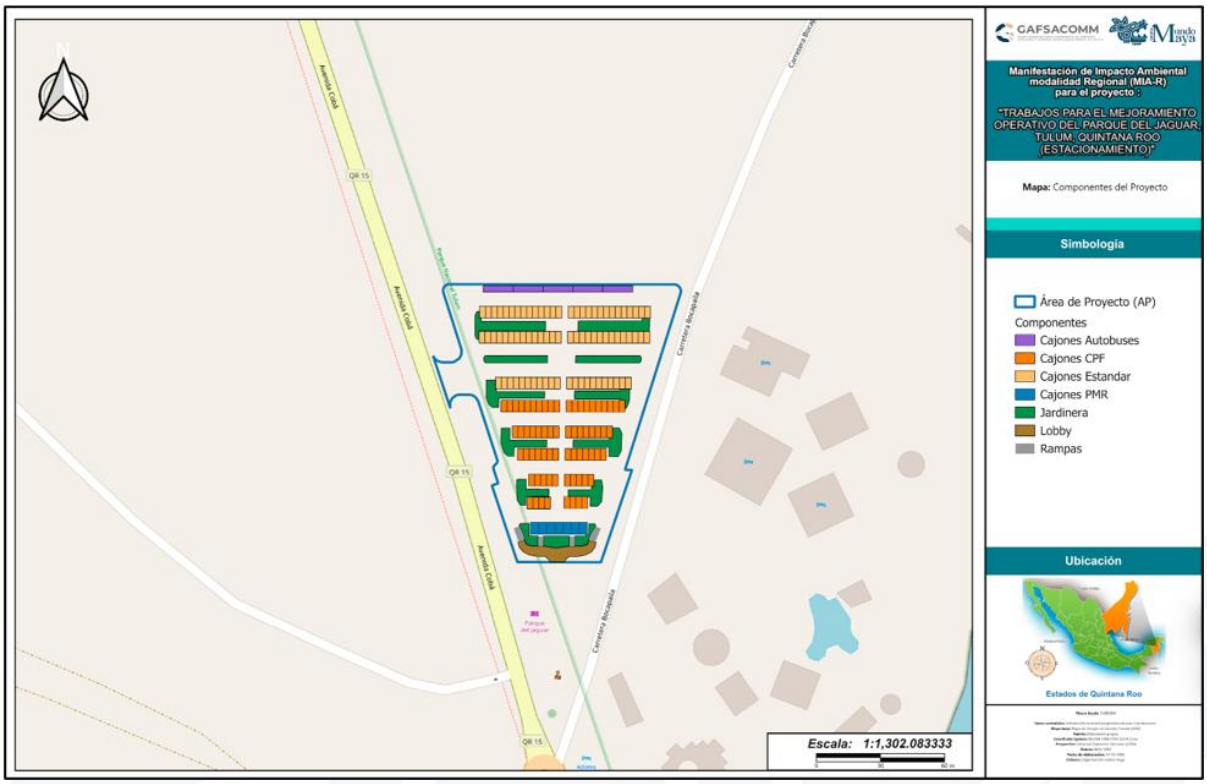



**Figura I.2. Componentes del Proyecto dentro del AP. Elaboración propia.**

La cartografía de componentes identifica el contorno del AP y la distribución interna de cajones, jardineras, lobby y rampas. El cuadro de construcción de 99 vértices se presenta en la Tabla I.7; el archivo geoespacial del AP y los archivos CSV y KML de los componentes se encuentran en la ruta *ANX.2. Vectores*.

El cruce con la subzonificación reportada en el Capítulo II ubica aproximadamente 9,926.00 m² (99.26 %) en la Subzona de Preservación y 74.00 m² (0.74 %) en la Subzona de Uso Público Caminos de Ingreso.

**Tabla I.6. Incidencia de la subzonificación del Parque Nacional Tulum. Elaboración propia.**

| Subzona | Superficie (m²) | Superficie (ha) | Proporción |
|---|---|---|---|
| Preservación | 9,926.00 | 0.9926 | 99.26 % |
| Uso Público Caminos de Ingreso | 74.00 | 0.0074 | 0.74 % |
| **Total** | **10,000.00** | **1.0000** | **100.00 %** |

**Tabla I.7. Coordenadas del Área del Proyecto (AP) en UTM zona 16N. Elaboración propia.**

| # | Este X (m) | Norte Y (m) | # | Este X (m) | Norte Y (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 453614.1054 | 2232447.9430 | 51 | 453636.5881 | 2232366.8360 |
| 2 | 453720.2051 | 2232447.8740 | 52 | 453636.3878 | 2232367.4530 |
| 3 | 453720.4731 | 2232447.8070 | 53 | 453632.5797 | 2232379.1780 |
| 4 | 453720.7316 | 2232447.7210 | 54 | 453628.5471 | 2232391.5950 |
| 5 | 453721.2267 | 2232447.4860 | 55 | 453628.1962 | 2232392.6750 |
| 6 | 453721.6777 | 2232447.1740 | 56 | 453628.0803 | 2232392.9920 |
| 7 | 453722.0726 | 2232446.7940 | 57 | 453627.9644 | 2232393.3090 |
| 8 | 453722.4013 | 2232446.3560 | 58 | 453626.8813 | 2232394.9270 |
| 9 | 453722.6553 | 2232445.8700 | 59 | 453626.3904 | 2232395.3570 |
| 10 | 453722.7499 | 2232445.6070 | 60 | 453625.8477 | 2232395.7190 |
| 11 | 453722.8278 | 2232445.3500 | 61 | 453625.2624 | 2232396.0080 |
| 12 | 453722.9145 | 2232444.8080 | 62 | 453624.6444 | 2232396.2180 |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| # | Este X (m) | Norte Y (m) | # | Este X (m) | Norte Y (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 13 | 453722.9147 | 2232444.5620 | 63 | 453618.6915 | 2232396.2840 |
| 14 | 453722.9131 | 2232444.2600 | 64 | 453617.6951 | 2232395.9590 |
| 15 | 453721.5818 | 2232440.0260 | 65 | 453616.7881 | 2232395.4350 |
| 16 | 453709.8429 | 2232402.6930 | 66 | 453616.0103 | 2232394.7330 |
| 17 | 453696.7726 | 2232361.1270 | 67 | 453615.3957 | 2232393.8840 |
| 18 | 453700.0304 | 2232361.1190 | 68 | 453614.9713 | 2232392.9260 |
| 19 | 453692.7451 | 2232339.4880 | 69 | 453614.7557 | 2232391.9000 |
| 20 | 453685.4599 | 2232317.8580 | 70 | 453614.7585 | 2232390.8530 |
| 21 | 453665.9000 | 2232317.9090 | 71 | 453614.9793 | 2232389.8280 |
| 22 | 453646.3400 | 2232317.9600 | 72 | 453610.9161 | 2232402.1640 |
| 23 | 453640.3829 | 2232335.8940 | 73 | 453607.5255 | 2232412.4580 |
| 24 | 453634.4258 | 2232353.8270 | 74 | 453606.8528 | 2232414.5010 |
| 25 | 453637.3513 | 2232354.7870 | 75 | 453607.1410 | 2232413.9130 |
| 26 | 453635.7929 | 2232359.5790 | 76 | 453607.5035 | 2232413.3670 |
| 27 | 453635.1923 | 2232361.4260 | 77 | 453607.9342 | 2232412.8740 |
| 28 | 453635.1202 | 2232361.6800 | 78 | 453608.1800 | 2232412.6580 |
| 29 | 453635.0959 | 2232361.8530 | 79 | 453608.4257 | 2232412.4410 |
| 30 | 453635.0919 | 2232362.0280 | 80 | 453608.6976 | 2232412.2590 |
| 31 | 453635.1081 | 2232362.2010 | 81 | 453608.9695 | 2232412.0770 |
| 32 | 453635.1444 | 2232362.3720 | 82 | 453610.8181 | 2232411.4460 |
| 33 | 453635.2002 | 2232362.5370 | 83 | 453611.4715 | 2232411.4020 |
| 34 | 453635.2749 | 2232362.6950 | 84 | 453615.6654 | 2232411.3920 |
| 35 | 453635.3673 | 2232362.8430 | 85 | 453616.6442 | 2232411.5880 |
| 36 | 453635.4763 | 2232362.9790 | 86 | 453619.0973 | 2232413.2360 |
| 37 | 453636.1487 | 2232363.7250 | 87 | 453619.6482 | 2232414.0690 |
| 38 | 453636.5781 | 2232364.2020 | 88 | 453620.0255 | 2232414.9930 |
| 39 | 453636.6354 | 2232364.2660 | 89 | 453620.2144 | 2232415.9730 |
| 40 | 453636.7409 | 2232364.3970 | 90 | 453620.2078 | 2232416.9710 |
| 41 | 453636.8310 | 2232364.5400 | 91 | 453620.0057 | 2232417.9480 |
| 42 | 453636.9047 | 2232364.6910 | 92 | 453611.5853 | 2232444.4070 |
| 43 | 453636.9327 | 2232364.7710 | 93 | 453611.5329 | 2232445.0110 |
| 44 | 453636.9608 | 2232364.8500 | 94 | 453611.6024 | 2232445.6120 |
| 45 | 453636.9988 | 2232365.0140 | 95 | 453611.7909 | 2232446.1870 |
| 46 | 453637.0181 | 2232365.1810 | 96 | 453612.0908 | 2232446.7130 |
| 47 | 453637.0186 | 2232365.3500 | 97 | 453612.4901 | 2232447.1680 |
| 48 | 453637.0077 | 2232365.4490 | 98 | 453612.9724 | 2232447.5340 |
| 49 | 453637.0002 | 2232365.5170 | 99 | 453613.5182 | 2232447.7960 |
| 50 | 453636.9631 | 2232365.6820 | | | |

La superficie rectora del Proyecto es 10,000.00 m²; cualquier diferencia centimétrica derivada del redondeo no representa superficie adicional autorizable. Los componentes internos se extienden entre X 453626.4781 y 453708.6392 m E, y Y 2232318.0620 y 2232447.2570 m N; el detalle de sus 176 polígonos se integra en los archivos CSV y KML bajo la ruta *ANX.2. Vectores.*

## I.5.3. Superficies y delimitación

El AP corresponde a un solo polígono de 10,000.00 m². La cual se adopta como límite máximo para obras permanentes y temporales. La distribución funcional comprende 8,665.00 m² de estacionamiento y 1,335.00 m² de áreas verdes y jardineras.

10,000.00 m² = 1.0000 ha

**Tabla I.8. Superficie del área del proyecto. Elaboración propia.**

| Componente | Superficie (m²) | Superficie (ha) |
|---|---|---|
| Área del Proyecto | 10,000.00 | 1.0000 |
| Total | 10,000.00 | 1.0000 |

Las cubiertas y los módulos son superficies superpuestas. Los 75 espacios cubiertos, 68 CPF y siete PMR, representan 1,174.80 m² de huella geométrica de cajones; la proyección definitiva de cubierta se confirmará con la modulación estructural. Los 300 módulos estimados ocupan 931.91 m². Las áreas temporales se instalarán dentro de los 8,665.00 m² funcionales, sin sumar superficie al AP.

**Tabla I.9. Superficies generales para evaluación. Elaboración propia.**

| Concepto | Base evaluada (m²) | Intervención máxima (m²) | Conservación/condición |
|---|---|---|---|
| Estacionamiento y superficies funcionales | 8,665.00 | 8,665.00 | No equivale a impermeabilización total |
| Áreas verdes y jardineras | 1,335.00 | Por definir | Conservación, restauración o plantación |
| Área del Proyecto | 10,000.00 | 10,000.00 | Límite máximo |
| Áreas temporales | Dentro del AP | Sin superficie adicional | Dentro de la huella de afectación |
| Cuerpos de agua y zonas federales | 0.00 identificado | 0.00 | Verificación previa en campo |

**Tabla I.10. Elementos y superficies internas. Elaboración propia.**

| Elemento | Superficie | Condición general | Función |
|---|---|---|---|
| Cajones estándar | 1,179.75 m² | 78 espacios | Estacionamiento |
| Cajones CPF | 1,028.50 m² | 68 espacios | Estacionamiento y soporte de cubiertas |
| Cajones PMR | 146.30 m² | 7 espacios | Accesibilidad |
| Cajones de autobús | 210.00 m² | 5 espacios | Recepción de autobuses |
| Lobby | 184.19 m² | 1 polígono | Recepción y distribución |
| Rampas | 64.38 m² | 4 polígonos | Transición accesible |
| Áreas verdes y jardineras | 1,335.00 m² | 13 polígonos | Paisaje, permeabilidad y sombra |
| Circulaciones y demás superficies funcionales | 5,851.88 m² | Por conciliar en proyecto ejecutivo | Accesos, maniobra y recorridos |

**Tabla I.11. Distribución general de superficies. Elaboración propia.**

| Distribución general | Superficie (m²) | Porcentaje |
|---|---|---|
| Estacionamiento y superficies funcionales | 8,665.00 | 86.65 % |
| Áreas verdes y jardineras | 1,335.00 | 13.35 % |
| Área del Proyecto | 10,000.00 | 100.00 % |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

## I.5.4. Uso del suelo y vegetación

Se denomina área verde de preservación a 1,335.00 m²; el archivo geoespacial la representa mediante 13 jardineras. Lo cual no significa que la vegetación existente se conserve *in situ*. Antes de liberar cada frente se realizará el censo y marcado de ejemplares, la búsqueda dirigida de especies en riesgo y la revisión de oquedades o sitios de refugio. El diseño de detalle priorizará las superficies previamente modificadas y conservará los individuos nativos técnicamente viables. El proyecto requiere cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la superficie y autorización correspondiente deberán quedar resueltas antes de cualquier remoción. Las áreas verdes y jardineras utilizarán especies nativas compatibles con el ecosistema local; no se introducirán especies invasoras. La supervivencia se verificará durante el periodo que establezca el programa ambiental y se repondrán los individuos que no prosperen en la siguiente temporada climática favorable.

En ese sentido, dentro del Área del Proyecto (AP) prevalece el tipo de Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia (VSA/SMQ) en una superficie de **1 ha (10,000 m²)** las cual requerirá la autorización para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) conforme a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), el cual será tramitado y obtenido previo a comenzar cualquier actividad de trabajo.

**Tabla I.12. Condición de la vegetación y criterio de intervención. Elaboración propia.**

| Condición | Superficie (m²) | Criterio |
|---|---|---|
| Área sujeta a inventario y verificación | 10,000.00 | No presupone remoción total |
| Envolvente funcional máxima | 8,665.00 | Sujeta a microtrazo y compatibilidad |
| Áreas verdes y jardineras | 1,335.00 | Conservación, restauración o plantación por definir |

## I.5.5. Agua superficial, escurrimientos y zonas federales

La revisión cartográfica disponible no identifica corrientes superficiales permanentes, vasos, humedales, zona federal continental ni zona federal marítimo-terrestre dentro del AP. Esta condición deberá verificarse en campo antes del trazo definitivo, con especial atención a depresiones, oquedades y rutas de escurrimiento propias del medio kárstico.

**Tabla I.13. Criterios preliminares de manejo pluvial.**

| Elemento | Criterio de diseño | Control | Verificación |
|---|---|---|---|
| Áreas verdes | Infiltración distribuida | Evitar compactación y erosión | Pruebas de infiltración |
| Circulaciones | Pendientes hacia captación controlada | Retención de sólidos | Memoria hidráulica |
| Cubiertas | Bajantes y disipadores | Descarga sin erosión | Proyección definitiva |
| Accesos | Control del primer lavado | Sedimentos e hidrocarburos | Inspección y mantenimiento |
| Sistema sanitario | Separación absoluta | Sin descarga al suelo | Prueba de hermeticidad |

## I.5.6. Inversión requerida

Como referencia para la planeación, la versión de trabajo considera una inversión inicial de $44,890,461.87 MXN, incluido el IVA, y una provisión de cierre de $3,500,000.00 MXN. El importe total asciende a $48,390,461.87 MXN a precios de 2026. Se trata de una estimación paramétrica, no de un presupuesto contractual; deberá sustituirse o ratificarse con el catálogo de conceptos y el presupuesto autorizados por el promovente.

**Tabla I.14. Estimación paramétrica de la inversión a precios de 2026. Elaboración propia.**

| Partida | Importe (MXN) |
|---|---|
| Ingeniería, estudios y prospecciones | $1,500,000.00 |
| Instalaciones temporales y seguridad | $1,000,000.00 |
| Despalme | $291,082.50 |
| Sascab y subrasante | $1,015,951.57 |
| Base hidráulica | $1,244,983.78 |
| Acarreos | $1,095,500.00 |
| Banquetas | $1,148,805.60 |
| Guarniciones y confinamiento | $1,020,000.00 |
| Cimentaciones | $217,600.00 |
| Estructura de cubiertas | $3,771,796.88 |
| Sistema fotovoltaico | $9,458,384.90 |
| Drenaje y manejo pluvial | $2,716,770.00 |
| Eléctrico, iluminación, CCTV y accesos | $2,500,000.00 |
| Paisajismo | $1,201,500.00 |
| Señalamiento y accesibilidad | $800,000.00 |
| Medidas ambientales | $2,500,000.00 |
| Manejo de residuos | $500,000.00 |
| Costo directo | $31,982,375.23 |
| Indirectos, 10 % | $3,198,237.52 |
| Contingencia, 10 % sobre costo directo más indirectos | $3,518,061.28 |
| **Subtotal antes de IVA** | **$38,698,674.03** |
| **IVA, 16 %** | **$6,191,787.84** |
| **Inversión inicial total** | **$44,890,461.87** |
| **Provisión de cierre** | **$3,500,000.00** |
| **Inversión integral** | **$48,390,461.87** |

El gasto anual de operación se estima preliminarmente en $3,832,928.89 MXN para 2026 e incluye personal, mantenimiento civil y eléctrico, conservación de áreas verdes, monitoreo ambiental, agua, residuos y respaldo de red. El monto se actualizará con el modelo operativo definitivo.

## I.5.7. Componente y elementos funcionales

### I.5.7.1. Estacionamiento

El estacionamiento ocupa la totalidad del AP de 10,000.00 m². De esa superficie, 8,665.00 m² corresponden a cajones, lobby, rampas, circulaciones, accesos, recorridos peatonales, maniobras y demás elementos funcionales; 1,335.00 m² corresponden a áreas verdes y jardineras. Los 8,665.00 m² no equivalen automáticamente a superficie impermeable: el sellado efectivo dependerá de los materiales y acabados que defina el proyecto ejecutivo.

La capacidad es de 158 espacios: 78 estándar, 68 estándar con cubierta fotovoltaica, 7 PMR y 5 para autobuses. Los cajones PMR, de 5.50 × 3.80 m, se ubican cerca del acceso y se conectan mediante una ruta continua, estable, señalizada y sin escalones. Los cinco espacios para autobuses, de 14.00 × 3.00 m, se ubican al norte del conjunto. La velocidad de desplazamiento será como máxima de 10 km/h.

**Tabla I.15. Capacidad y dimensiones del estacionamiento. Elaboración propia.**

| Tipo | Cantidad | Dimensión (m) | Superficie (m²) |
|---|---|---|---|
| Estándar sin cubierta | 78 | 5.50 × 2.75 | 1,179.75 |
| Estándar con cubierta (CPF) | 68 | 5.50 × 2.75 | 1,028.50 |
| PMR con cubierta | 7 | 5.50 × 3.80 | 146.30 |
| Autobús | 5 | 14.00 × 3.00 | 210.00 |
| **Total** | **158** | — | **2,564.55** |




**Figura I.3. Planta arquitectónica de conjunto. Elaboración propia.**

### I.5.7.2. Accesos y circulaciones internas

El diseño incorpora entradas y salidas diferenciadas dentro del componente Estacionamiento. Su función es ordenar el ingreso y egreso de los vehículos, conducirlos hacia las circulaciones internas y evitar que las maniobras se realicen sobre la carretera Tulum-Boca Paila. La definición final de carriles, sentidos, anchos y dispositivos de control se ajustará al proyecto ejecutivo sin rebasar el polígono evaluado.

La circulación se mantendrá dentro de la huella delimitada. La velocidad máxima interna será de 10 km/h y la señalización mantendrá libre la ruta de emergencia, dará prioridad a los peatones y evitará maniobras en reversa hacia la vialidad exterior. No se permitirá el estacionamiento fuera de los espacios señalados, la circulación recreativa, el lavado, las reparaciones mayores ni el abastecimiento de combustible.

### I.5.7.3. Áreas verdes y jardineras

Se identifican 1,335.00 m² de áreas verdes; esa superficie se distribuye en 13 jardineras. Durante la construcción quedarán excluidas del tránsito de maquinaria, acopio, mezclas y residuos. El proyecto de paisaje precisará qué vegetación se conserva, qué superficies se restauran y dónde se incorpora suelo orgánico y plantas nativas.

### I.5.7.4. Cubiertas y cimentaciones

Las cubiertas se instalarán en 75 espacios: 68 cajones estándar con cubierta fotovoltaica y 7 PMR. La huella geométrica conjunta de esos cajones es de 1,174.80 m²; la proyección real de cubierta, el número de apoyos y las cantidades de acero y concreto se confirmarán mediante la memoria estructural y el estudio geotécnico. Los espacios para autobuses no tendrán cubierta.

El cálculo estructural considerará viento extremo, cargas de huracán, corrosión marina, fatiga, uniones, drenaje, puesta a tierra y riesgo de desprendimiento de módulos. La altura libre y las protecciones contra impacto se ajustarán al tipo de vehículo. Toda cimentación, canalización y maniobra de montaje permanecerá dentro del AP.

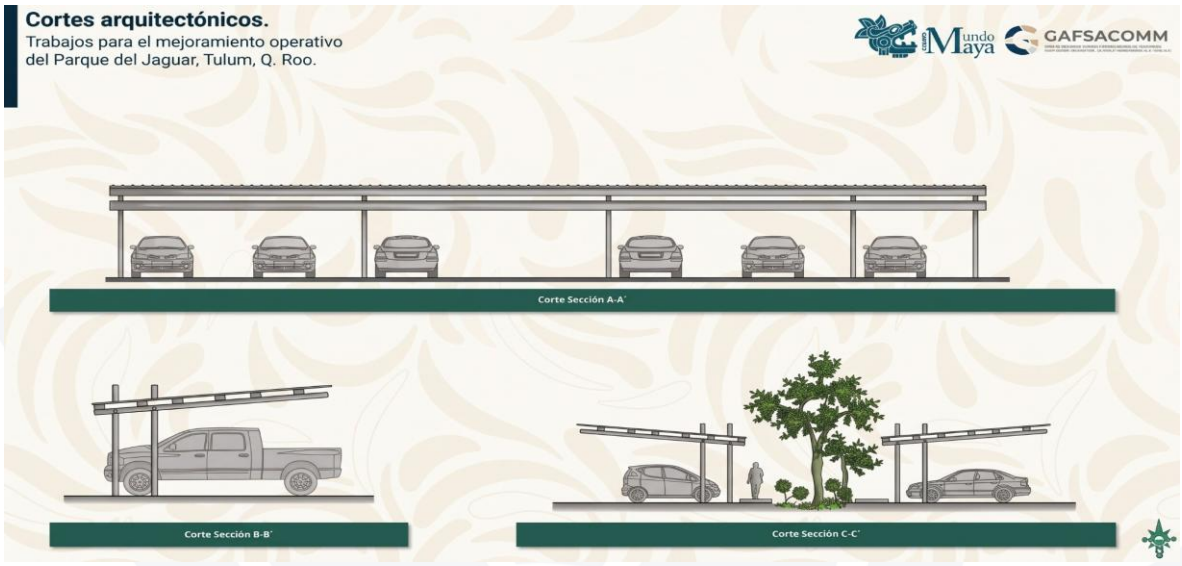



**Figura I.4. Cortes arquitectónicos de las cubiertas fotovoltaicas. Elaboración propia.**

### I.5.7.5. Sistema fotovoltaico

El arreglo fotovoltaico se estimó con cuatro módulos por cada uno de los 75 espacios cubiertos, es decir, 300 módulos monocristalinos Risen Energy RSM132-8-660M de 660 Wp. La capacidad resultante es de 198.00 kWp en corriente directa. El número y la potencia de los inversores, la relación DC/AC, la disposición de los circuitos y el punto de interconexión se definirán en la ingeniería eléctrica; no se consideran baterías estacionarias en el escenario evaluado.

*75 espacios × 4 módulos = 300 módulos; 300 × 0.660 kWp = 198.00 kWp*

Los módulos ocupan 931.91 m² y suman aproximadamente 10.05 t. Con 5.3 horas pico de sol diarias y un rendimiento global de 0.78 a 0.84, la generación preliminar se sitúa entre 298.8 y 321.7 MWh/año. La estimación deberá confirmarse mediante una simulación que incorpore la irradiación, la orientación, la temperatura, el sombreado, la suciedad, las pérdidas eléctricas y la disponibilidad del sistema.

Con el factor oficial del Sistema Eléctrico Nacional para 2024 (0.444 $tCO_2e$/MWh), la producción estimada representa un potencial de desplazamiento de 132.7 a 142.9 $tCO_2e$/año. El beneficio sólo podrá contabilizarse respecto de la electricidad efectivamente autoconsumida o entregada y reconocida bajo el esquema de interconexión. Durante la operación se actualizará con la generación medida y el factor vigente.

**Tabla I.16. Parámetros preliminares del sistema fotovoltaico. Elaboración propia.**

| Parámetro | Valor preliminar |
|---|---|
| Espacios con cubierta | 75 (68 CPF y 7 PMR) |
| Módulos por espacio | 4 |
| Módulos estimados | 300 |
| Modelo de referencia | Risen Energy RSM132-8-660M |
| Potencia unitaria | 660 Wp |
| Potencia DC | 198.00 kWp |
| Dimensiones por módulo | 2.384 × 1.303 × 0.035 m |

| Parámetro | Valor preliminar |
|---|---|
| Masa por módulo | 33.5 kg |
| Masa total | 10.05 t |
| Área física de módulos | 931.91 m² |
| Eficiencia nominal | 21.2 % |
| Horas solares pico | 5.3 h/día |
| Rendimiento global | 0.78–0.84 |
| Generación anual | 298.8–321.7 MWh/año |
| Potencial climático de referencia | 132.7–142.9 $tCO_2e$/año; condicionado |
| Almacenamiento | No considerado |
| Respaldo | Red eléctrica |

**Tabla I.17. Escenario preliminar de demanda eléctrica anual. Elaboración propia.**

| Carga | Criterio preliminar | Definición ejecutiva |
|---|---|---|
| Iluminación | LED ≤2,200 K y corte total | Número y potencia conforme al estudio fotométrico |
| Accesos y control | Operación sólo durante servicio | Cuadro de cargas |
| CCTV y comunicaciones | Carga continua | Cuadro de cargas |
| Bombas y auxiliares | Operación intermitente | Memoria electromecánica |
| Total | Escenario de planeación: 32.8 MWh/año | Confirmar antes de interconexión |

## I.5.7.6. Infraestructura existente y servicios

El edificio de acceso sur y la infraestructura sanitaria que pudiera existir están fuera del alcance de las obras. No se incorpora una PTAR nueva. El servicio sanitario sólo podrá apoyarse en instalaciones existentes después de acreditar la capacidad, la conexión autorizada, la conducción cerrada y el destino final; de no cumplirse esas condiciones, deberá adoptarse una solución externa autorizada sin descarga al suelo. El agua para limpieza, riego y consumo humano procederá de un suministro autorizado; no se perforarán pozos ni se extraerá agua superficial. La red eléctrica respaldará las cargas de control, CCTV, iluminación y auxiliares cuando no haya generación solar suficiente.

**Tabla I.18. Servicios e infraestructura de apoyo. Elaboración propia.**

| Servicio | Solución y condición |
|---|---|
| Sanitarios de obra | Unidades portátiles; retiro por prestador autorizado |
| Sanitarios en operación | Conexión sólo con capacidad y autorización; de otro modo, solución externa autorizada |
| Agua | Suministro acreditado; sin extracción dentro del AP |
| Electricidad | Red de respaldo y arreglo fotovoltaico preliminar de 198.00 kWp |
| Combustible | Sin tanque fijo ni estación de servicio |
| Taller o lavado | No se incluye |
| Residuos | Separación, registro y retiro fuera del Parque |

### I.5.7.7. Obras temporales y áreas de apoyo

Las instalaciones temporales se ubicarán dentro de la futura superficie funcional e incluirán únicamente recepción de materiales, herramienta, contenedores diferenciados, acopio protegido de suelo orgánico, sanitarios portátiles y un punto de control para residuos incidentales. La superficie y número de unidades se ajustarán al programa ejecutivo. No se instalarán campamento, comedor permanente, banco de materiales, taller ni tanque fijo de combustible. Los suministros ingresarán conforme a la programación de frentes para evitar acopios innecesarios. El abastecimiento eventual de maquinaria, si fuese indispensable, se realizará sobre una superficie protegida, con material absorbente y equipo de respuesta. Al concluir la obra se retirarán todos los apoyos temporales y se documentará la limpieza del área utilizada.

### I.5.7.8. Señalamiento e iluminación

El señalamiento identificará la entrada, la salida, los sentidos, el límite de 10 km/h, la prioridad peatonal, los cajones para personas con discapacidad, los autobuses, las rutas de emergencia y las prohibiciones. La iluminación será LED, de corte total y con temperatura correlacionada de color no mayor de 2,200 K; el número y potencia de luminarias se ajustarán al estudio fotométrico. Se evitarán haces hacia el dosel, anuncios luminosos y altavoces.

## I.5.8. Cronograma

El programa indicativo comprende seis meses, equivalentes a aproximadamente 150 días de trabajo. Las medidas ambientales se aplicarán desde la delimitación del AP hasta la entrega. La calendarización definitiva podrá redistribuir frentes, pero no acortar los controles previos de liberación ambiental y arqueológica ni ampliar la superficie evaluada.

**Tabla I.19. Programa general indicativo de ejecución. Elaboración propia.**

| Actividad | P | C | | | OyM | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | M1 | | M2 | | M3 | | M4...50 AÑOS | |
| Delimitación, prospección y rescates | | | | | | | | |
| Desmonte, despalme y manejo de suelo | | | | | | | | |
| Actividades de inspección y salvamento arqueológico | | | | | | | | |
| Terracerías y drenaje | | | | | | | | |
| Banquetas, guarniciones y jardineras | | | | | | | | |
| Cimentaciones y estructura | | | | | | | | |
| Módulos, electricidad e iluminación | | | | | | | | |
| Señalamiento, pruebas y limpieza | | | | | | | | |
| Supervisión ambiental | | | | | | | | |

* P: preparación del sitio; C: construcción; OyM: operación y mantenimiento; M: mes.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

**Tabla I.20. Escenario preliminar de personal y jornales. Elaboración propia.**

| Mes | Actividad dominante | Personal medio | Jornales |
|---|---|---|---|
| 1 | Estudios, delimitación, rescates y preparación | 20 | 500 |
| 2 | Desmonte, despalme y terracerías | 35 | 875 |
| 3 | Capas granulares, drenaje y cimentaciones | 45 | 1,125 |
| 4 | Obras civiles y estructura metálica | 45 | 1,125 |
| 5 | Cubiertas, fotovoltaico, electricidad y paisaje | 40 | 1,000 |
| 6 | Señalización, pruebas, limpieza y entrega | 25 | 625 |
| Total/promedio | 150 días | 35 promedio; 45 pico | 5,250 |

## I.5.9. Etapas del proyecto

### I.5.9.1. Preparación del sitio (P)

La preparación del sitio tendrá una duración de 15 días y comenzará con la verificación topográfica y la delimitación visible del AP mediante las coordenadas WGS 84 / UTM zona 16N. Dentro de este se marcarán el área funcional, los accesos, las circulaciones, los cajones, las cubiertas y las áreas verdes, de modo que la maquinaria, los materiales y el personal permanezcan dentro de los 10,000.00 m² evaluados.

Antes de abrir cada frente se realizarán los recorridos de liberación ambiental y arqueológica, el ahuyentamiento y rescate de fauna, el marcado de vegetación y, cuando corresponda, el rescate de ejemplares viables. El desmonte será direccional y progresivo, desde el acceso hacia el interior, para conservar rutas de escape. Los hallazgos arqueológicos provocarán la suspensión inmediata del sector y la intervención de la autoridad competente.

La limpieza, la remoción de vegetación y el despalme se limitarán a las superficies que requiera el proyecto ejecutivo y que resulten compatibles con la resolución ambiental, el Programa de Manejo y, en su caso, la autorización forestal. Como escenario de cálculo se conserva un espesor medio de despalme de 0.15 m sobre un máximo funcional de 8,665.00 m². El suelo orgánico viable se recuperará y se protegerá para su reincorporación; los excedentes se manejarán por separado y solo se enviarán a destinos autorizados.

Las instalaciones temporales para la recepción de materiales, herramientas, sanitarios y el almacenamiento diferenciado de residuos se ubicarán dentro de la futura huella operativa, preferentemente sobre superficies que después formarán parte del estacionamiento. Antes de utilizarlas, se verificarán el drenaje, la estabilidad del terreno y la presencia de infraestructura existente; al concluir la etapa, se retirarán y limpiarán por completo.




**Figura I.5. Preparación del sitio. Elaboración propia.**

### I.5.9.2. Construcción (C)

La construcción tendrá una duración estimada de 2 meses y avanzará por frentes progresivos. Comprende terracerías y drenaje, circulaciones y cajones, guarniciones y recorridos peatonales, cimentaciones puntuales, cubiertas, instalaciones eléctricas, sistema fotovoltaico, señalamiento e integración de áreas verdes, todo dentro de los 10,000.00 m².

Antes de iniciar cada frente se verificará que el área haya sido liberada por la supervisión ambiental y que estén concluidas las actividades correspondientes de rescate, protección de vegetación, recuperación de suelo orgánico y delimitación física. Los accesos de maquinaria, las zonas de acopio y las instalaciones provisionales se ubicarán dentro del polígono del Proyecto, sin habilitar superficies adicionales.

Las dimensiones, pendientes, niveles y especificaciones se ejecutarán conforme al proyecto ejecutivo. Cualquier ajuste derivado de la verificación topográfica, geotécnica, hidráulica o estructural deberá permanecer dentro de la superficie evaluada y conservar la capacidad y naturaleza del Proyecto. Cuando un cambio pueda modificar la huella, las cantidades de obra o los impactos previstos, deberá revisarse técnica y ambientalmente antes de su ejecución y, en su caso, someterse al procedimiento que determine la autoridad competente.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com




**Figura I.6. Construcción. Elaboración propia.**

### I.5.9.2.1. Trazo, control topográfico y liberación de frentes

La construcción comenzará con el replanteo topográfico de ejes, límites, niveles y puntos de control. Se marcarán físicamente el AP y, dentro de este, los accesos, circulaciones, cajones, cubiertas, áreas verdes y jardineras. Ningún trazo podrá extenderse fuera de la superficie evaluada.

Antes de efectuar excavaciones se comprobarán las elevaciones del terreno y la correspondencia entre la topografía, la planta arquitectónica y el diseño de drenaje. También se identificarán las instalaciones existentes que deban protegerse, conectarse o mantenerse en servicio. Las diferencias que se identifiquen se resolverán en los planos ejecutivos y se registrarán en la bitácora de obra, sin realizar ampliaciones improvisadas.

Las áreas verdes, las jardineras internas y los ejemplares que permanezcan en el sitio se delimitarán con barreras visibles. Quedarán excluidos el tránsito y estacionamiento de maquinaria, la mezcla de materiales, el almacenamiento de residuos y las instalaciones provisionales.

### I.5.9.2.2. Excavaciones, rellenos y conformación de niveles

Una vez liberado el frente, se realizarán las excavaciones y los cortes necesarios para alcanzar los niveles del proyecto. La profundidad y la extensión se limitarán a lo indicado en los planos de terracerías, cimentaciones, drenaje y canalizaciones. El material excavado se separará según sus características; aquel que resulte apto geotécnicamente podrá reutilizarse en rellenos o


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

conformaciones, mientras que los excedentes se trasladarán a sitios autorizados o a destinos compatibles con su clasificación.

No se utilizarán materiales pétreos dentro del predio. El sascab, la base hidráulica, los agregados y los demás materiales procederán de bancos o proveedores que cuenten con las autorizaciones aplicables. Durante la obra se conservarán los comprobantes de procedencia y los registros de los volúmenes recibidos.




**Figura I.7. Excavaciones, rellenos y conformación de niveles. Elaboración propia.**

Debido a las características kársticas de la región, si durante la excavación se identifica una oquedad, fractura, conducto de disolución, material inestable o


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

evidencia de circulación subterránea, los trabajos se suspenderán de manera localizada. El punto se delimitará y será revisado por personal competente antes de rellenarlo, estabilizarlo o modificar el diseño. La solución deberá sustentarse en la verificación geotécnica y no podrá ejecutarse mediante rellenos indiscriminados.

El pedraplén sólo se empleará cuando la verificación geotécnica confirme su necesidad para estabilizar sectores específicos. Antes de colocarlo se definirán su ubicación, espesor, volumen, procedencia y función constructiva. Su uso permanecerá dentro de la huella evaluada y no sustituirá la caracterización de oquedades ni justificará la ocupación de superficies adicionales. No se utilizarán explosivos para la excavación, la fragmentación de roca o la conformación del terreno. Las excavaciones abiertas se señalizarán y se protegerán. Durante lluvias intensas se suspenderán las actividades que puedan provocar inestabilidad, erosión o arrastre de materiales, y se colocarán barreras temporales para impedir la entrada de escurrimientos y sedimentos.

### I.5.9.2.3. Terracerías y estructura de soporte

Para el escenario preliminar se conservan 1,733.00 m³ compactados de sascab y 1,206.60 m³ de base hidráulica. Son cantidades de planeación y no sustituyen la memoria de terracerías, los sondeos ni las especificaciones firmadas. El suministro real se documentará por procedencia, volumen recibido y control de compactación, sin ampliar la huella evaluada.

El sascab se colocará sobre la superficie previamente preparada y aprobada. Se extenderá en capas de espesor uniforme, se ajustará su contenido de humedad y se compactará hasta alcanzar la densidad especificada en el proyecto ejecutivo. Cada capa se verificará antes de colocar la siguiente. Los sectores que presenten deformaciones, segregación, exceso de humedad o compactación insuficiente se corregirán antes de continuar.




**Figura I.8. Terracerías y estructura de soporte. Elaboración propia.**

La base hidráulica se ejecutará con material graduado y libre de residuos o sustancias contaminantes. Se distribuirá de forma homogénea, se perfilará de acuerdo con las pendientes de diseño y se compactará con equipo apropiado para el ancho disponible. El control incluirá la revisión de espesores, niveles, humedad y grado de compactación.

No se colocará una capa nueva sobre una superficie que conserve material suelto, lodo, encharcamientos o deterioro ocasionado por el tránsito de obra. Cuando un frente permanezca expuesto durante un periodo prolongado, se revisará nuevamente antes de reanudar los trabajos. La circulación de maquinaria pesada se limitará a las rutas definidas para evitar la pérdida de compactación o el daño a las jardineras.

### I.5.9.2.4. Circulaciones, cajones y recorridos peatonales

Una vez aprobadas las capas de soporte, se delimitarán y ejecutarán las circulaciones internas, los cajones, las áreas de maniobra, las guarniciones, las banquetas y los recorridos peatonales. Los anchos, radios de giro, pendientes y acabados deberán corresponder a los planos definitivos y permitir la operación segura de automóviles, autobuses y peatones dentro del estacionamiento.

Las superficies conservarán las pendientes requeridas para el desalojo del agua de lluvia, sin dirigir los escurrimientos hacia las rutas peatonales.

La ruta accesible deberá mantener la continuidad desde los cajones destinados a personas con discapacidad hasta el área de transferencia. Sus pendientes, cambios de nivel, franjas de circulación, superficies y señalamiento se revisarán durante la construcción para evitar obstáculos, escalones, discontinuidades o elementos que reduzcan el ancho de paso.

El señalamiento horizontal se aplicará sobre superficies limpias, secas y terminadas. Su ubicación se coordinará con la señalización vertical, las luminarias, las guarniciones y las rutas de emergencia, de manera que la información sea clara y no genere indicaciones contradictorias.

### I.5.9.2.5. Accesos y circulaciones internas

Los accesos de entrada y salida se ubicarán dentro del único polígono y conectarán la vialidad exterior con la circulación interna. Los trabajos se programarán para mantener condiciones seguras de tránsito y evitar que la entrada o salida de maquinaria obstruya la vialidad. Durante la obra se colocarán dispositivos temporales de advertencia y, cuando resulte necesario, se asignará personal para orientar las maniobras.

No se realizarán obras fuera de la huella para ampliar carriles, formar acotamientos, almacenar materiales o estacionar maquinaria. Si la solución de conexión requiriera intervenir una superficie no contemplada en el Proyecto, esa actividad no se ejecutará hasta revisar su procedencia técnica, jurídica y ambiental y, en su caso, contar con las autorizaciones correspondientes.

Antes de la puesta en servicio se realizarán pruebas de maniobra para confirmar la visibilidad, los radios de giro, los sentidos de circulación, la entrada y la salida diferenciadas, así como la continuidad de los recorridos peatonales y de la ruta de emergencia.

### I.5.9.2.6. Obras de concreto, cimentaciones y estructura metálica

Las obras de concreto comprenderán la excavación localizada, la preparación del desplante, la colocación de plantillas cuando corresponda, el habilitado del acero, la cimbra, el colado, el curado, el descimbrado y la restitución de los espacios alrededor de cada elemento.

El escenario actual contempla cimentaciones puntuales para los apoyos de las cubiertas. Sus dimensiones definitivas se confirmarán mediante el cálculo estructural y la verificación geotécnica, considerando las condiciones de viento, huracán, corrosión y estabilidad aplicables al sitio. Cualquier ajuste deberá mantenerse dentro del polígono evaluado.

El concreto se colocará evitando derrames sobre el suelo, las áreas verdes y las jardineras. El lavado de ollas, canaletas, revolvedoras y herramientas se realizará sobre contención. Los residuos endurecidos se manejarán como residuos de construcción y el agua con cemento no se descargará al suelo ni al drenaje pluvial.

La estructura metálica se montará después de comprobar la resistencia y posición de las cimentaciones. Los perfiles se colocarán sobre soportes estables, fuera de las áreas verdes y jardineras, sin impedir la circulación. Las maniobras de izaje permanecerán dentro del AP y se suspenderán cuando las condiciones meteorológicas sean inseguras.

Durante el montaje se verificarán la verticalidad, la alineación, las soldaduras, las uniones, el apriete de los pernos, la protección anticorrosiva y la altura libre. Los trabajos en caliente se realizarán con extintores, control de materiales combustibles y supervisión. Los residuos de soldadura, envases de recubrimientos, estopas y materiales impregnados se separarán según sus características.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com




**Figura I.9. Obras de concreto, cimentaciones y estructura metálica. Elaboración propia.**

### I.5.9.2.7. Cubiertas e instalación del sistema fotovoltaico

Concluida y aprobada la estructura, se instalarán las cubiertas, los soportes y los módulos fotovoltaicos. El montaje seguirá la secuencia definida por el fabricante y el cálculo estructural, evitando concentraciones de carga, daños a los módulos o desprendimientos. La fijación considerará las acciones regionales de viento y las condiciones de exposición propias de Tulum.

Las canalizaciones se instalarán antes del tendido de los conductores. Posteriormente se colocarán tableros, inversores, medios de desconexión, protecciones contra sobrecorriente y sobretensión, sistema de puesta a tierra, señalización y equipos de medición. Los conductores expuestos deberán quedar protegidos contra la humedad, la radiación solar, la corrosión, los impactos y el acceso no autorizado.

El sistema no incluirá baterías estacionarias. La energización se realizará hasta concluir las pruebas de continuidad, aislamiento, polaridad, puesta a tierra y operación de protecciones. También se comprobarán los dispositivos de desconexión y de paro de seguridad. La interconexión y la posible entrega de excedentes dependerán de la solución técnica y contractual que se formalice con la entidad suministradora.

Los módulos, empaques, conductores, recortes y equipos dañados durante el montaje se retirarán del frente de trabajo. Ningún componente eléctrico se abandonará, enterrará ni se mezclará con residuos ordinarios.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com




**Figura I.10. Cubiertas e instalación del sistema fotovoltaico.**

### I.5.9.2.8. Iluminación, señalamiento y equipos auxiliares

La instalación de iluminación se coordinará con las circulaciones, los recorridos peatonales, los accesos y las cubiertas. Las luminarias se orientarán hacia las áreas de servicio y seguridad, limitando la dispersión de luz hacia la vegetación circundante y hacia el exterior del sitio.

Se instalarán los dispositivos de control de acceso, CCTV, señalización vertical y horizontal, elementos de accesibilidad y equipos de seguridad previstos en el proyecto ejecutivo. Su ubicación no reducirá el ancho de los recorridos, no interferirá con las maniobras vehiculares y mantendrá libres las rutas de emergencia.

Antes de la recepción de la obra se verificará el funcionamiento de las luminarias, circuitos, controles, cámaras y dispositivos de seguridad. Las pruebas se realizarán tanto en condiciones diurnas como nocturnas para identificar zonas de sombra, deslumbramiento o señalización insuficiente.




**Figura I.11. Iluminación, señalamiento y equipos auxiliares. Elaboración propia.**

### I.5.9.2.9. Integración de áreas verdes y jardineras

Los 1,335.00 m² de áreas verdes y jardineras permanecerán delimitados durante la construcción. No se usarán como vialidad provisional, estacionamiento de maquinaria, zona de mezcla, almacén ni depósito de residuos.

Al concluir las obras pesadas se retirará cualquier material ajeno y se descompactará el terreno cuando resulte necesario. Posteriormente se reincorporará el suelo vegetal recuperado durante la preparación del sitio. Su distribución se realizará de manera uniforme, sin cubrir los cuellos de raíz, obstruir el drenaje ni generar acumulaciones junto a las estructuras.

La plantación utilizará especies nativas compatibles con las condiciones ambientales del sitio. No se incorporarán especies invasoras. Las actividades comprenderán la preparación del suelo, la plantación, la colocación de acolchado cuando corresponda, el riego de establecimiento y la reposición de individuos que no sobrevivan, conforme al proyecto de paisaje y a la meta de supervivencia establecida en el capítulo.

Las labores se programarán, de preferencia, en condiciones climáticas favorables para disminuir la demanda de agua. El riego será controlado y no deberá producir escurrimientos hacia las circulaciones ni arrastre de suelo.

Asimismo, si bien no forma parte del Área de Proyecto Solicitada, se mantendrá una franja de vegetación de 10 m en la periferia del estacionamiento con la finalidad de tener más áreas con vegetación nativa que permitan la infiltración y se armonice con el paisaje natural de la región.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com




**Figura I.12. Integración de áreas verdes y jardineras. Elaboración propia.**

## I.5.9.2.10. Controles ambientales durante la construcción

Durante toda la etapa se mantendrán las medidas de prevención y control ambiental. La supervisión registrará su aplicación mediante bitácoras, evidencia fotográfica, comprobantes de suministro, manifiestos y constancias de entrega de residuos.




**Figura I.13. Controles ambientales durante la construcción (1 de 2). Elaboración propia.**

Para controlar el polvo, los materiales finos se transportarán en vehículos cubiertos y sin exceder su capacidad. Los caminos y frentes se humectarán únicamente cuando sea necesario, utilizando agua de procedencia acreditada y evitando encharcamientos. La velocidad máxima dentro de la obra será de 10 km/h.

La maquinaria y los vehículos deberán recibir mantenimiento preventivo y mantener en funcionamiento sus sistemas de escape y silenciadores. Los motores se apagarán durante periodos de inactividad. Las actividades de mayor emisión sonora se concentrarán en horario diurno y se suspenderán cuando generen una condición insegura o rebasen los controles aplicables.

El abastecimiento de combustible se realizará preferentemente fuera del sitio. Cuando resulte indispensable abastecer maquinaria dentro de la obra, la operación se efectuará en un área protegida mediante una bandeja o membrana compatible, con material absorbente, recipientes para residuos y equipo de respuesta a derrames. No se instalarán tanques fijos ni almacenamiento permanente de combustible.

Ante un derrame se detendrá la fuente, se delimitará el área y se recuperará el material mediante absorbentes. El suelo o material impregnado se separará, identificará y manejará conforme a su clasificación. El incidente y las acciones de limpieza quedarán asentados en la bitácora.

Los residuos se separarán en residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial, residuos de construcción y, cuando se generen, residuos peligrosos. Se almacenarán temporalmente en recipientes identificados y protegidos de la lluvia. Su retiro se realizará hacia instalaciones o mediante prestadores autorizados, según corresponda. Queda prohibido quemar, enterrar, abandonar o disponer residuos en el área verde, las áreas circundantes o las cavidades del terreno.




**Figura I.14. Controles ambientales durante la construcción (2 de 2). Elaboración propia.**

Los servicios sanitarios para el personal se proporcionarán mediante unidades portátiles con mantenimiento periódico. Las aguas residuales serán retiradas por el proveedor y no se descargarán en el suelo, en el drenaje pluvial ni en las oquedades del terreno.

Si durante la obra aparece fauna silvestre, se detendrán temporalmente las actividades en el punto y se permitirá su desplazamiento o se aplicará el procedimiento de rescate previsto en el programa ambiental. El personal no podrá capturar, alimentar, molestar ni sacrificar ejemplares.

Durante tormentas eléctricas, lluvias intensas, vientos fuertes o avisos de ciclón se suspenderán las excavaciones, los trabajos en altura y las maniobras de izaje que representen riesgo. Los materiales, módulos y equipos se asegurarán conforme al protocolo de emergencia de la obra.

### I.5.9.2.11. Terminación, limpieza y puesta en servicio

Al concluir los trabajos, se desmontarán las instalaciones provisionales y se retirarán la maquinaria, los materiales sobrantes, los empaques, los residuos, la señalización temporal y los elementos de protección que ya no sean necesarios. Las superficies ocupadas temporalmente se limpiarán y se restituirán de acuerdo con su destino definitivo.

Se realizará una inspección conjunta de obra, seguridad y cumplimiento ambiental para verificar que no existan residuos, derrames, excedentes de excavación o afectaciones fuera de la superficie evaluada y, en su caso, autorizada. También se verificará que las áreas verdes y jardineras estén libres de materiales y que los elementos conservados mantengan sus medidas de protección.




**Figura I.15. Terminación, limpieza y puesta en servicio. Elaboración propia.**



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

Antes de iniciar la operación, se comprobarán los niveles, espesores y compactación de las capas de soporte; el funcionamiento del drenaje; la ausencia de encharcamientos o descargas erosivas; la continuidad y accesibilidad de los recorridos peatonales; y los radios de giro y las maniobras en la entrada, la salida y las circulaciones del estacionamiento. También se revisarán la ubicación y visibilidad de la señalización, el funcionamiento y la orientación de la iluminación, la alineación y la seguridad de las cubiertas, así como la continuidad, el aislamiento, la puesta a tierra y la operación de las protecciones eléctricas.

El sistema fotovoltaico se someterá a pruebas de módulos, inversores y dispositivos de desconexión. Los resultados se integrarán en los registros finales de obra, junto con los planos actualizados, las pruebas realizadas, los comprobantes de retiro de residuos y la evidencia de cierre de las áreas provisionales. Las deficiencias que comprometan el drenaje, la accesibilidad, la seguridad estructural o eléctrica, la circulación o las medidas ambientales deberán corregirse antes de la puesta en servicio del estacionamiento.

### I.5.9.3. Operación y mantenimiento (OyM)

Para esta etapa, se prevé una duración de 50 años. Durante la operación, los vehículos ingresarán por la entrada controlada, se dirigirán a un espacio disponible y saldrán por el acceso diferenciado previsto en el diseño. Las circulaciones internas y la ruta de emergencia permanecerán libres de obstáculos; cuando se alcance la capacidad operativa, se limitará temporalmente el ingreso para evitar filas sobre la vialidad exterior.

El mantenimiento incluirá inspecciones de las superficies de rodamiento, acceso, guarniciones, señalización, iluminación, drenaje pluvial, estructura, módulos, inversores, tableros y puesta a tierra. Las actividades preventivas y correctivas se registrarán en una bitácora, priorizando las condiciones que puedan afectar la seguridad, la accesibilidad o el manejo del agua. Los residuos se separarán y retirarán diariamente fuera del Parque.

El área verde y las jardineras internas requerirán revisión del suelo, control manual de vegetación no deseada, riego de establecimiento y reposición de ejemplares cuando sea necesario. Después de lluvias intensas se inspeccionarán las superficies permeables, los puntos de desagüe y los disipadores para retirar sedimentos u obstrucciones. No se realizarán lavado, abastecimiento de combustible ni reparaciones mayores de vehículos dentro del Proyecto.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com



**Figura I.16. Perspectivas del Proyecto. Elaboración propia.**

### I.5.9.4. Cierre y destino final

Al término de la vida útil de 50 años, el promovente evaluará la continuidad del servicio mediante rehabilitación o ejecutará el cierre. Si procede el cierre definitivo, se elaborará, con al menos 6 meses de anticipación, un programa específico para desenergizar, desmontar módulos y estructura, retirar instalaciones, manejar residuos y restituir las superficies que determine la autoridad. Como referencia de programación se consideran tres meses.

La restitución utilizará, en primer término, el suelo orgánico efectivamente recuperado y conservado. Si fuese insuficiente, sólo se incorporará suelo limpio, compatible y de procedencia autorizada. Los módulos, metales, concreto y equipos se separarán para su reúso, reciclaje o entrega autorizada; el valor y las cantidades se actualizarán en el programa de cierre.

## I.5.10. Recursos, consumos, emisiones y residuos

### I.5.10.1. Materiales y equipo

Los principales insumos serán sascab, base hidráulica, concreto, acero de refuerzo, perfiles estructurales, guarniciones, conductores, canalizaciones, módulos fotovoltaicos, inversores, equipos de protección, señalización, suelo orgánico y plantas nativas. Todos los materiales pétreos procederán de bancos autorizados; no se abrirá ningún banco dentro del Parque.

**Tabla I.21. Cantidades de obra y materiales. Elaboración propia.**

| Concepto | Base | Cantidad |
|---|---|---|
| Despalme, banco | 8,665.0000 × 0.15 | 1,299.7500 m³ |
| Suelo reservado | 1,335.0000 × 0.15 | 200.2500 m³ |
| Excedente de suelo | 1,299.7500 − 200.2500 | 1,099.5000 m³ banco |
| Excedente de suelo, volumen suelto | 1,099.5000 × 1.25 | 1,374.3750 m³ |
| Sascab compactado | 8,665.0000 × 0.20 | 1,733.0000 m³ |
| Sascab de suministro | 1,733.0000 × 1.20 | 2,079.6000 m³ |

| Concepto | Base | Cantidad |
|---|---|---|
| Base compactada | 8,044.0240 × 0.15 | 1,206.6036 m³ |
| Base de suministro | 1,206.6036 × 1.20 | 1,447.9243 m³ |
| Banqueta de concreto | 620.976 × 0.10 | 62.098 m³ |
| Cimentaciones puntuales | Según memoria estructural | Por definir |
| Concreto total | — | Por definir en proyecto ejecutivo |
| Acero de refuerzo | 25.60 × 120 kg/m³ | Por definir en proyecto ejecutivo |
| Estructura de cubierta | 1,134.375 × 35 kg/m² | Por definir en proyecto ejecutivo |
| Guarnición prefabricada | Trazo funcional | Por definir en proyecto ejecutivo |
| Módulos | 300 × 33.5 kg | 10.050 t |

El escenario de planeación considera maquinaria para excavación, nivelación, extendido, compactación, acarreo e izaje, además de equipo menor y vehículos de supervisión. Los modelos, rendimientos, horas y combustibles de la tabla son referencias preliminares y serán reemplazados por los registros del contratista. Se conservarán bitácoras de operación, mantenimiento, combustible y procedencia de materiales.

**Tabla I.22. Maquinaria, horas y combustibles; escenario de planeación.**

| Equipo o actividad | Horas/base | Rendimiento | Combustible |
|---|---|---|---|
| Excavadora | 120 h | 12 L/h | 1,440 L diésel |
| Cargador frontal | 120 h | 12 L/h | 1,440 L diésel |
| Motoconformadora | 120 h | 15 L/h | 1,800 L diésel |
| Rodillo compactador | 180 h | 10 L/h | 1,800 L diésel |
| Camión cisterna | 240 h | 8 L/h | 1,920 L diésel |
| Grúa | 120 h | 10 L/h | 1,200 L diésel |
| Acarreos | 352 viajes; 40 km | 2 km/L | 7,040 L diésel |
| Dos camionetas | 18,000 km | 10 km/L | 1,800 L gasolina |
| Total | — | — | 16,640 L diésel; 1,800 L gasolina |

### I.5.10.2. Agua y energía

Los volúmenes de agua de construcción se estimaron para la compactación, el control de polvo, el curado, la higiene y el consumo humano. Se presentan como un escenario de planeación y no como una autorización de aprovechamiento. El agua procederá de una fuente acreditada; las aguas sanitarias de obra permanecerán contenidas y serán retiradas por un prestador autorizado. El consumo operativo dependerá de la afluencia, el modelo de sanitarios, el riego y la frecuencia de limpieza de los módulos. Antes de la apertura, se integrará un balance definitivo de agua que compruebe la fuente, la capacidad de servicio y el destino de las aguas residuales. No se permitirá la descarga al terreno, a las jardineras, a las oquedades ni al drenaje pluvial.

El escenario de cargas del borrador estima 32.8 MWh/año. Frente a ese orden de demanda, la generación fotovoltaica preliminar de 298.8 a 321.7 MWh/año puede reducir de manera importante el consumo de la red durante las horas de sol. La autosuficiencia anual no se presume: la coincidencia horaria de cargas, la


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

disponibilidad del sistema y la interconexión determinarán el autoconsumo y los excedentes reales.

**Tabla I.23. Agua y energía por etapa; valores preliminares. Elaboración propia.**

| Recurso | Construcción | Operación anual | Cierre |
|---|---|---|---|
| Agua | Estimación preliminar: 657 m³ | Por conciliar; escenario 934 m³ | Por definir en programa |
| Aguas sanitarias | Contenidas y retiradas | Sin descarga al suelo; volumen por conciliar | Contenidas y retiradas |
| Electricidad consumida | Escenario: 10.1 MWh | Escenario: 32.8 MWh | Por definir |
| Generación fotovoltaica | Pruebas | 298.8–321.7 MWh | Desenergización |
| Diésel | Escenario: 16,640 L | Sin consumo fijo | Por definir |
| Gasolina | Escenario: 1,800 L | Sin flota propia asignada | Por definir |

## I.5.10.3. Emisiones atmosféricas y gases de efecto invernadero

Las emisiones de construcción procederán principalmente de la combustión en maquinaria y vehículos, la electricidad temporal, los acarreos y el movimiento de materiales. Las cifras de la tabla corresponden al escenario preliminar de equipos y se actualizarán con los consumos comprobados. Las medidas de reducción se basan en el mantenimiento, las rutas programadas, las cargas completas, el límite de velocidad y el apagado de motores en espera.

Con el factor oficial del Sistema Eléctrico Nacional para 2024, de 0.444 $tCO_2e$/MWh, el escenario de demanda de 32.8 MWh/año equivale a 14.6 $tCO_2e$/año. La generación fotovoltaica representa un potencial de desplazamiento de 132.7 a 142.9 $tCO_2e$/año, pero sólo podrá contabilizarse respecto de la electricidad efectivamente autoconsumida o entregada y reconocida. El indicador se recalculará con las mediciones y el factor vigente.

Para el dimensionamiento sanitario y de residuos, se conserva un escenario máximo de 915 usuarios/día, derivado de dos rotaciones en 153 espacios para automóviles y una rotación en cinco espacios para autobús. No constituye una meta de afluencia. El acceso se cerrará temporalmente al alcanzar su capacidad, para evitar filas, ralentí y estacionamiento fuera del AP.

**Tabla I.24. Inventario energético de gases de efecto invernadero. Elaboración propia.**

| Fuente | Dato de actividad | Factor | Resultado preliminar |
|---|---|---|---|
| Diésel de construcción | 16,640 L | 2.68 kg $CO_2e$/L | 44.60 $tCO_2e$ |
| Gasolina de construcción | 1,800 L | 2.31 kg $CO_2e$/L | 4.16 $tCO_2e$ |
| Electricidad de construcción | 10.08 MWh | 0.444 $tCO_2e$/MWh | 4.48 $tCO_2e$ |
| Total construcción | Escenario de planeación | — | 53.23 $tCO_2e$ |
| Electricidad de operación | 32.8 MWh/año | 0.444 $tCO_2e$/MWh | 14.6 $tCO_2e$/año |
| Generación fotovoltaica | 298.8–321.7 MWh/año | 0.444 $tCO_2e$/MWh | 132.7–142.9 $tCO_2e$/año potenciales |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

### I.5.10.4. Residuos y aguas residuales

Durante la construcción se generarán 4.20 t de residuos sólidos urbanos, 4.21 t de merma de concreto, 0.856 t de recortes de acero, 0.350 t de empaques y tarimas y hasta 0.150 t de residuos peligrosos incidentales. El suelo excedente de 1,099.5000 m³ banco se manejará por separado para su aprovechamiento o entrega en un sitio autorizado.

En operación se estiman 18.524 t/año de residuos de usuarios y personal, 1.335 t/año de poda y hasta 0.10 t/año de corrientes especiales o peligrosas de mantenimiento. Los recipientes tendrán tapa, identificación y separación. La recolección será diaria y la totalidad de los residuos saldrá del Parque; no se establecerá ningún sitio de disposición final.

**Tabla I.25. Residuos de preparación y construcción. Elaboración propia.**

| Corriente | Cantidad | Manejo |
|---|---|---|
| RSU | 4.200 t | Separación y retiro diario |
| Merma de concreto | 4.210 t | Aprovechamiento como agregado o entrega autorizada |
| Recortes de acero | 0.856 t | Reciclaje |
| Empaques y tarimas | 0.350 t | Retorno, reúso o reciclaje |
| Residuos peligrosos | 0.150 t máximo | Contención y gestor autorizado |
| Suelo excedente | 1,099.5000 m³ banco | Aprovechamiento o destino autorizado; volumen sujeto a balance final |

**Tabla I.26. Residuos y aguas residuales de operación. Elaboración propia.**

| Corriente | Cantidad anual | Destino |
|---|---|---|
| RSU de usuarios y personal | 18.524 t | Separación y retiro diario fuera del Parque |
| Poda y jardinería | 1.335 t | Compostaje o manejo autorizado |
| Especiales/peligrosos | 0.100 t máximo | Almacenamiento temporal y gestor autorizado |
| Agua residual sanitaria | Por conciliar | Conducción cerrada a solución autorizada; sin descarga al suelo |
| Agua pluvial | Sin descarga sanitaria | Dispersión e infiltración controlada |

## I.5.11. Afectaciones asociadas a las características del proyecto

La preparación del sitio se evalúa con una envolvente funcional máxima de 8,665.00 m², sujeta a reducción mediante inventario y microtrazo. Esa superficie no equivale automáticamente a la corta de vegetación ni a la impermeabilización. Los principales efectos potenciales son la remoción de la cobertura, la pérdida y la compactación del suelo, el desplazamiento temporal de la fauna, el polvo, el ruido y la alteración del escurrimiento; su magnitud dependerá de la condición real del sitio y de la compatibilidad territorial que determine la autoridad.

El diseño incorpora límites verificables: AP de 10,000.00 m²; 1,335.00 m² de áreas verdes y jardineras; capacidad máxima de 158 vehículos; velocidad interna de 10 km/h; iluminación dirigida y cálida; ausencia de almacenamiento fijo de combustibles; retiro de residuos fuera del Parque; y registro de liberaciones, incidencias, consumos, mantenimiento y generación fotovoltaica. Estos controles

permiten verificar, durante la inspección, que la obra y la operación se mantienen dentro de lo evaluado.

**Tabla I.27. Interacciones ambientales y controles incorporados. Elaboración propia.**

| Interacción | Efecto | Control incorporado |
|---|---|---|
| Remoción potencial de vegetación | Pérdida de cobertura y hábitat | Inventario, microtrazo y compatibilidad previa; 1,335 m² de áreas verdes |
| Despalme | Pérdida de suelo | Recuperación y protección del suelo orgánico viable |
| Fauna | Desplazamiento y atropellamiento | Liberación por frentes, 10 km/h y señalamiento |
| Terracerías | Polvo y compactación | Frentes reducidos, cobertura de cargas y humectación controlada |
| Ruido | Perturbación temporal | Horario diurno, mantenimiento y apagado de equipos |
| Escurrimiento | Concentración y arrastre | Memoria hidráulica, disipadores y primer lavado |
| Combustibles | Fuga incidental | Sin almacenamiento fijo; contención y respuesta |
| Iluminación | Atracción o desplazamiento | LED cálida, corte total y control horario |
| Residuos | Atracción de fauna y contaminación | Separación, recipientes cerrados y retiro |
| Tránsito | Emisiones, ruido y riesgo | Aforo, 10 km/h, no ralentí y cierre al alcanzar capacidad |
| Sistema fotovoltaico | Equipos al cierre | Trazabilidad, desmontaje y valorización |

## I.5.12. Información cuantitativa por etapa

La siguiente tabla reúne los valores que rigen la evaluación. Las unidades y periodos se mantienen diferenciados para evitar sumar consumos de obra con tasas anuales de operación.

**Tabla I.28. Resumen de parámetros por etapa. Elaboración propia.**

| Concepto | Preparación y construcción | Operación | Cierre |
|---|---|---|---|
| Duración | 2.5 meses (0.5 para preparación del sitio y 2 para construcción). | 50 años | 3 meses; programa específico |
| Superficie | Máximo 10,000.00 m² | Sin ampliación | Según programa aprobado |
| Agua | Estimación preliminar | Balance por conciliar | Por definir |
| Electricidad | Consumo temporal | Escenario: 32.8 MWh/año | Desenergización |
| Generación FV | Pruebas | 298.8–321.7 MWh/año | Retiro de equipos |
| GEI energético | Escenario: 53.23 $tCO_2e$ | 14.6 $tCO_2e$/año; 132.7–142.9 potencialmente evitables | Por actualizar |
| Materiales | Procedencia acreditada | Refacciones y consumibles | Reúso y reciclaje |
| Residuos | Separación y comprobantes | Retiro fuera del Parque | Trazabilidad de módulos y estructura |
| Aguas residuales | Contenidas y retiradas | Sin descarga al suelo | Contenidas y retiradas |
| Áreas verdes | 1,335.00 m² | Mantenimiento y reposición | Restitución según programa |
| Inversión | $44.89 millones; estimación | $3.83 millones/año; estimación | $3.50 millones de provisión |
| Control documental | Autorizaciones y liberaciones previas | Bitácoras y monitoreo | Aviso y programa de cierre |
| Condición | Resolver compatibilidad y derecho de uso | Cumplir condicionantes | Entregar comprobantes |

### I.5.13. Fundamento de la evaluación ambiental y soporte técnico

El Proyecto requiere autorización federal previa en materia de impacto ambiental por ubicarse dentro de un área natural protegida de competencia federal. El encuadre deriva del artículo 28, fracción XI, de la LGEEPA y del artículo 5, inciso S), de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. La evaluación y, en su caso, la autorización ambiental no sustituye la Autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) que pudiera resultar aplicable ni la liberación arqueológica.

La manifestación se presenta en la modalidad Regional, de conformidad con los artículos 10, fracción I, 11, fracción IV, y 13 del Reglamento. La evaluación deberá integrar la interacción del Proyecto con los componentes del Sistema Ambiental Regional y los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales. La coincidencia mayoritaria con la Subzona de Preservación obliga a demostrar el carácter de infraestructura necesaria para la operación del Parque y el cumplimiento íntegro de la Regla 46. Si ello no se acredita, la localización y el diseño actuales deberán modificarse antes de cualquier intervención.

**Tabla I.29. Autorizaciones y condiciones previas al inicio. Elaboración propia.**

| Instrumento o acto | Condición del Proyecto | Momento |
|---|---|---|
| Autorización de impacto ambiental federal | MIA-R; proyecto dentro de ANP federal y evaluación de la Región Ecológica (RE) | Antes de cualquier intervención |
| Determinación de compatibilidad DGIRA–CONANP | 99.26 % reportado en Preservación. | Durante la evaluación y antes del diseño definitivo |
| Instrumento jurídico de uso | Formalizado y con cobertura de 10,000.00 m² | Antes del ingreso definitivo y, en todo caso, antes de obra |
| Cambio de uso de suelo forestal | Presencia de VSA/SMQ en 10,000.00 m² | Antes de cualquier remoción |
| Liberación arqueológica | Prospección y atención de hallazgos conforme determine el INAH | Antes de cada frente |
| Proyecto estructural e interconexión | 198.00 kWp DC preliminares; ingeniería definitiva | Antes del montaje y energización |
| Gestión de residuos y servicios | Contratos, autorizaciones, manifiestos y comprobantes | Durante todas las etapas |

## I.6. BIBLIOGRAFÍA

(F)
Ficha oficial del Parque Nacional Tulum y documentos de decreto y manejo. https://simec.conanp.gob.mx/informacion/ficha/81

(G)
Grupo Mundo Maya–GAFSACOMM. Cuadernillo arquitectónico del estacionamiento, versión 2026.

(L)
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, texto vigente, última reforma DOF 19 de enero de 2026. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS.pdf

(N)
NOM-059-SEMARNAT-2010 y modificación del Anexo Normativo III publicada el 14 de noviembre de 2019. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019
NOM-052-SEMARNAT-2005, identificación y clasificación de residuos peligrosos. https://dof.gob.mx/normasOficiales/1055/SEMARNA/SEMARNA.htm
NOM-161-SEMARNAT-2011, residuos de manejo especial y planes de manejo. https://dof.gob.mx/normasOficiales/5029/semarnat11_C/semarnat11_C.html
(P)
Programa de Manejo del Parque Nacional Tulum, publicado en el DOF el 12 de enero de 2024. https://sidof.segob.gob.mx/notas/docFuente/5714256
(R)
Registro Nacional de Emisiones y factores oficiales para estimación de emisiones. https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-nacional-de-emisiones-rene
Reglamento de la LGEEPA en Materia de Áreas Naturales Protegidas, texto vigente. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_ANP.pdf
Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, texto vigente, última reforma DOF 31 de octubre de 2014. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA_311014.pdf
Risen Energy. Ficha técnica del módulo monocristalino RSM132-8-660M, 660 Wp.
(S)
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Trámite SEMARNAT-04-003: recepción, evaluación y resolución de la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional. https://www.gob.mx/public/tramites/detalleTramite.xhtml?homoclave=SEMARNAT-04-003
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, enero de 2022. https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD010243.pdf


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

# MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

## Modalidad Regional

**Del Proyecto:**

## "TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Con pretendida ubicación en el Municipio de Tulum, en el estado de Quintana Roo.**

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

**Promovente:**

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

GRUPO Mundo Maya

**Octubre de 2026**

# ÍNDICE

**CAPÍTULO II. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON REGULACIÓN SOBRE EL USO DEL SUELO ..... 5**

**II.1. PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO ..... 7**

II.1.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) ..... 7

II.1.2. Programa de Ordenamiento Ecológico, Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMyMC) ..... 12

II.1.3. Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región denominada Corredor Cancún-Tulum (POET Corredor Cancún-Tulum) ..... 22

**II.2. DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS ..... 30**

II.2.1. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Federales ..... 30

II.2.2. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Estatales y Municipales ..... 48

II.2.3. Áreas Destinadas Voluntariamente para la Conservación (ADVCs) 49

II.2.4. Unidades de Manejo Ambiental (UMAs) ..... 50

II.2.5. Regiones Terrestres Prioritarias (RTPs) ..... 51

II.2.6. Regiones Marinas Prioritarias (RMPs) ..... 52

II.2.7. Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs) ..... 53

II.2.8. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) ..... 54

II.2.9. Sitios RAMSAR ..... 55

**II.3. NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOMs) ..... 56**

**II.4. LEYES Y REGLAMENTOS APLICABLES CON LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO A NIVEL FEDERAL, ESTATAL Y MUNICIPAL ..... 61**

II.4.1. Legislación federal ..... 65

II.4.2. Legislación estatal ..... 65

**II.5. TRATADOS Y CONVENIOS INTERNACIONALES ..... 66**

**II.6. LOCALIDAD (ES) CON POBLACIÓN INDÍGENA EN LAS QUE INCIDE EL SITIO DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO Y/O SU ZONA DE INFLUENCIA . 66**

**II.7. CONCLUSIONES ..... 67**

**II.8. BIBLIOGRAFÍA ..... 67**

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1. Nombre y descripción de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración. Elaboración propia. ..... 6
Tabla II.2. Políticas y estrategias sectoriales de la UAB 64. Karst del Sur de Quintana Roo. Elaboración propia. ..... 7
Tabla II.3. Estrategias de la Unidad Ambiental Biofísica 64. Karst del Sur de Quintana Roo. Elaboración propia. ..... 8
Tabla II.4. Acciones específicas propias de la UGA 145-PN Tulum. Elaboración propia. ..... 13
Tabla II.5. Acciones Generales de la Unidad de Gestión Ambiental 145. PN Tulúm que son vinculantes al proyecto. Elaboración propia. ..... 14
Tabla II.6. Acciones Específicas de la Unidad de Gestión Ambiental 145-PN Tulúm que son vinculantes al proyecto. Elaboración propia. ..... 18
Tabla II.7. Vinculación con los Criterios Aplicables sobre las UGAs de incidencia del POET Corredor Cancún-Tulum. Elaboración propia. ..... 24
Tabla II.8. Incidencia del Área del Proyecto (AP) dentro del Parque Nacional Tulum conforme al análisis SIGEIA (2026). Elaboración propia ..... 31
Tabla II.9. Nombre y descripción de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración dentro del Parque Nacional Tulum. Elaboración propia. ..... 46
Tabla II.10. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas Federales conforme al análisis SIGEIA (2026). ..... 47
Tabla II.11. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas Estatales conforme al análisis SIGEIA (2026). ..... 48
Tabla II.12. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a ADVCs conforme al análisis SIGEIA (2026). ..... 49
Tabla II.13. Incidencias y cercanías del AP respecto a UMAs conforme al análisis SIGEIA (2026). ..... 50
Tabla III.14. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a RTPs conforme al análisis SIGEIA (2026). ..... 51
Tabla II.15. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a RMPs conforme al análisis SIGEIA (2026). ..... 52
Tabla II.16. Incidencias y cercanías del AP respecto a RHPs conforme al análisis SIGEIA (2026). ..... 53
Tabla II.17. Incidencias y cercanías del AP respecto a las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) conforme al análisis SIGEIA (2026). ..... 54
Tabla II.18. Incidencias y cercanías del AP respecto a los sitios RAMSAR conforme al análisis SIGEIA (2026). ..... 55
Tabla II.19. Normas Oficiales Mexicanas vinculantes con el Área del Proyecto (AP). Elaboración propia. ..... 57
Tabla II.20. Localidades indígenas cercanas al Área del Proyecto (AP). Elaboración propia. ..... 66

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura III.1. Ubicación del Área del Proyecto (AP) respecto a las UABs del POEGT. Elaboración propia. 7
Figura III.2. Ubicación del Área del Proyecto (AP) respecto a las UGAs del POEMyRGyMC. Elaboración propia. 12
Figura III.3. Ubicación del Área del Proyecto (AP) respecto a las UGAs del POET Corredor Cancún-Tulum. Elaboración propia. 23
Figura III.4. Ubicación del Área del Proyecto (AP) respecto al Área Natural Protegida denominada Parque Nacional Tulum. Elaboración propia. 32
Figura III.5. Localización del Polígono Protegido del PN Tulum. Tomado de CONANP (2024). 35
Figura III.6. Ubicación de las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Federales. Elaboración propia. 47
Figura III.7. Ubicación de las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Estatales y Municipales. Elaboración propia. 48
Figura III.8. Ubicación de las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVCs). Elaboración propia. 49
Figura III.9. Ubicación de las Unidades de Manejo Ambiental (UMAs). Elaboración propia. 50
Figura III.10. Ubicación de las Regiones Terrestres Prioritarias (RTPs). Elaboración propia. 51
Figura III.11. Ubicación de las Regiones Marinas Prioritarias (RMPs). Elaboración propia. 52
Figura III.12. Ubicación de las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs). Elaboración propia. 53
Figura III.13. Ubicación de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs). Elaboración propia. 54
Figura III.14. Ubicación de los Sitios RAMSAR. Elaboración propia. 55



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

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

En este Capítulo se identifican, describen y vinculan los diferentes instrumentos normativos, de planeación y política ambiental de orden federal, regional, estatal y municipal; así como los ordenamientos jurídicos de regularización de uso de suelo vigentes, a partir de la ubicación geográfica y actividades particulares del Proyecto descritas en el Capítulo I con la finalidad de establecer la congruencia de las actividades a realizar para la operación del **"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"** (Proyecto) y de garantizar que el desarrollo del mismo se realice de acuerdo con los lineamientos vigentes, lo que permitirá definir su viabilidad jurídica y normativa en materia ambiental.

A manera de resumen, el Área del Proyecto (AP) comprende un solo polígono de 10,000.00 m² (1.0000 ha). El diseño distribuye 8,665.00 m² para el estacionamiento y sus superficies funcionales, y 1,335.00 m² para áreas verdes y jardineras.

Se habilitará un estacionamiento para visitantes con capacidad simultánea para 158 vehículos. La configuración vigente comprende 78 cajones estándar sin cubierta, 68 cajones estándar con cubierta fotovoltaica, siete cajones PMR y cinco espacios para autobuses, además de accesos diferenciados, circulaciones, recorridos peatonales, lobby, rampas, áreas verdes, jardineras, iluminación, señalamiento y control de acceso. La finalidad pública es corregir la dispersión del estacionamiento y los recorridos innecesarios que hoy se producen en el acceso sur. Al concentrar el arribo en un punto controlado, se reducen las maniobras en la vía exterior, se separan los flujos peatonales y vehiculares y se mejora la accesibilidad. El beneficio operativo no sustituye la obligación de demostrar la compatibilidad con el Programa de Manejo del Parque Nacional Tulum.

La selección consideró mantener el esquema disperso actual, distribuir los espacios en varias superficies y concentrarlos junto al acceso sur. La alternativa concentrada ofrece continuidad con el punto de recepción existente y permite controlar una sola huella. Su viabilidad definitiva depende, sin embargo, de la determinación expresa de compatibilidad territorial y ambiental por las autoridades competentes.

Asimismo, se presenta el listado de medidas de prevención, mitigación y compensación manifestadas dentro del Capítulo IV, con la finalidad de proporcionar una mejor vinculación referido a los instrumentos analizados a continuación.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

**Tabla II.1. Nombre y descripción de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración. Elaboración propia.**

| CLAVE | MEDIDAS DE MITIGACIÓN |
|---|---|
| **P01** | Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada. |
| **P02** | Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo. |
| **P03** | Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra. |
| **P04** | Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP). |
| **P05** | Manejo integral de residuos generados en la obra. |
| **P06** | Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo. |
| **P07** | Monitoreo de calidad del agua en pozo o norias cercanas al proyecto |
| **P08** | Acciones de capacitación y educación ambiental para el personal. |
| **M01** | Retiro de material excedente y reconformación topográfica. |
| **M02** | Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal. |
| **M03** | Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales. |
| **M04** | Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo |
| **M05** | Uso de lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales. |
| **M06** | Acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre. |
| **M07** | Construcción, y mantenimiento de obras de drenaje longitudinal |
| **M08** | Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre. |
| **M09** | Franjas y jardineras de infiltración con vegetación natural nativa dentro del estacionamiento |
| **C01** | Compensación ambiental mediante Reforestación de especies nativas en 1 hectárea |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

# II.1. PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

## II.1.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

**Fecha de expedición:** 07 de septiembre de 2012.
**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) y Subsistema de Información sobre el Ordenamiento Ecológico (SIORE).
**Fuente de consulta y publicación:** https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-de-ordenamiento-ecologico-general-del-territorio-poetg

De acuerdo con el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), el Subsistema de Información sobre el Ordenamiento Ecológico (SIORE), y el vector de este POEGT, el Área del Proyecto (AP) se encuentra en la **UAB 64**. **Karts del Sur de Quintana Roo** en la **Región Ecológica 17.33.** Dicha UAB presenta una **política de protección, preservación y aprovechamiento sustentable.** A continuación, se presentan las políticas y estrategias sectoriales, así como su vinculación con aquellas aplicables.

**Tabla II.2. Políticas y estrategias sectoriales de la UAB 64. Karst del Sur de Quintana Roo. Elaboración propia.**

| UAB | Rectores del Desarrollo | Coadyuvantes del Desarrollo | Asociados del Desarrollo | Otros Sectores de Interés | Estrategias Sectoriales |
|---|---|---|---|---|---|
| 64 | Preservación de Flora y Fauna - **Turismo** | Forestal | Agricultura | Ganadería - Minería | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 15B, 21, 22, 23, 28, 29, 36, 42, 43, 44 |

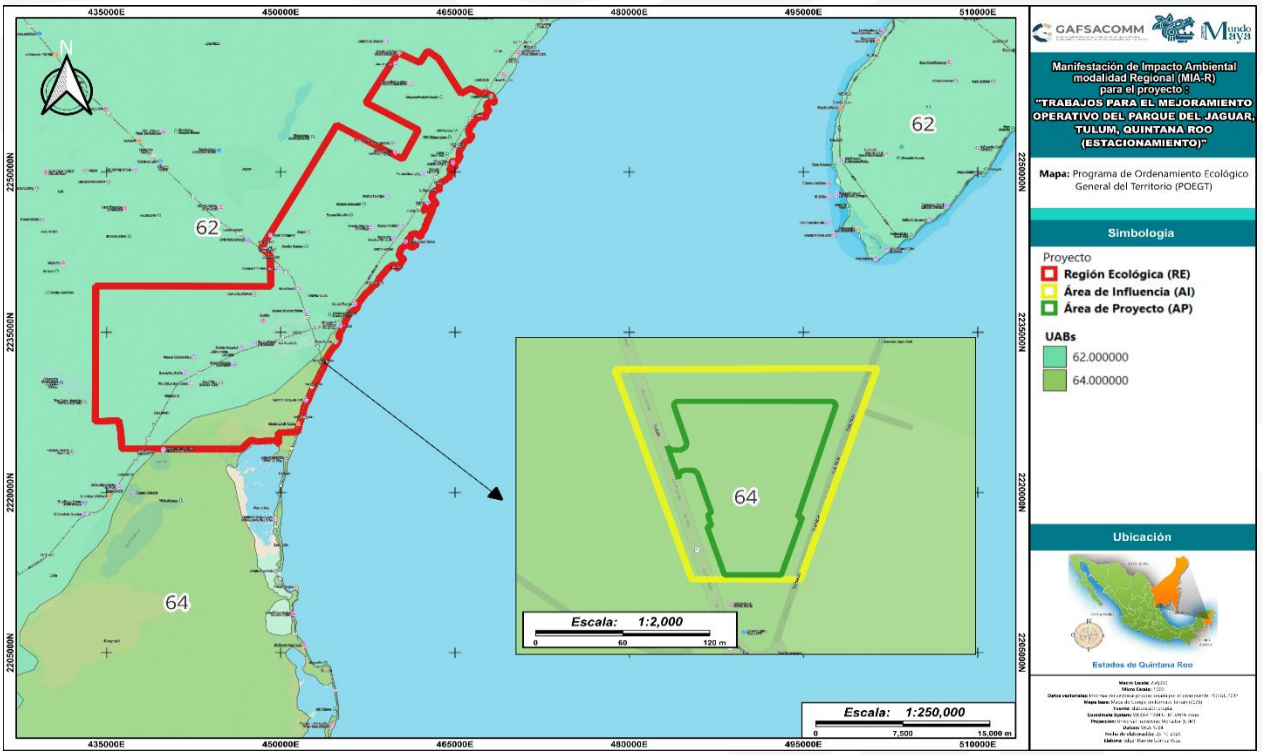



**Figura III.1. Ubicación del Área del Proyecto (AP) respecto a las UABs del POEGT. Elaboración propia.**

**Tabla II.3. Estrategias de la Unidad Ambiental Biofísica 64. Karst del Sur de Quintana Roo. Elaboración propia.**

| ESTRATEGIAS UAB 62 | | CUMPLIMIENTO DE ESTRATEGIA | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|
| **GRUPO I. DIRIGIDAS A LOGRAR LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DEL TERRITORIO** | | | |
| A) Dirigidas a la preservación | 1. Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad. | Como parte de las medidas de control, prevención, mitigación o compensación por la afectación de especies e individuos incluidos en la NOM-059-SEMARNAT se realizará el rescate y reubicación de especies de flora silvestre y el ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, con mayor énfasis en especies en riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019), especies endémicas y de alto valor ecológico.<br>Las especies registradas dentro de los muestreos con alguna categoría de riesgo bajo la NOM en comento son:<br>**Flora:** *Thrinax radiata, Coccothrinax readii, Beaucarnea pliabilis* y *Roystonea regia*.<br>**Fauna:** *Amazona xantholora, Cathartes burrovianus, Dendroclincla anabatina, Melanoptla glabirostris, Ctenosaura similis* y *Leptophis mexicanus*.<br>Además, se realizará la protección de nidos y madrigueras, se prohibirá la colecta, tráfico o daño a las especies de flora, especialmente si son endémicas o se encuentran en estatus de protección. Para la fauna se prohíbe la caza, colecta, tráfico de especies y/o cualquier otra actividad que perjudique de manera directa a las especies de fauna silvestre de la zona.<br>Por último, se realizará el manejo de especies exóticas y exóticas-invasoras. | **PREVENCIÓN: P05, P08, P07**<br>**MITIGACIÓN: M03, M06, M08, M09**<br>**COMPENSACIÓN: C1.** |
| | 2. Recuperación de especies en riesgo. | | |
| | 3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad. | Como parte de los resultados durante los muestreos realizados, se incluyen datos acerca de la composición, estructura y diversidad de la vegetación y fauna silvestre imperante dentro de la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP), impulsando al conocimiento sobre los ecosistemas y su biodiversidad.<br>Para el AP se establecieron 4 sitios de muestreo (flora y fauna) dentro de la Selva Mediana Perennifolia (SMQ) en estado sucesional secundario, y para la RE fueron 12 (flora y fauna) sitios de muestreo. Dentro del AP, se registraron 42 especies repartidas en árboles, arbustos, hierbas y epífitas y/o cactáceas. En el caso de la RE, se registraron 62 especies dentro de estas formas de vida.<br>Para la fauna, dentro del AP se registraron un total de 43 especies de vertebrados terrestres conforme a lo siguiente: 1 especies de anfibios, 34 de aves, 3 de mamíferos y 5 de reptiles. Para la RE fueron 62, 1 anfibios, 47 aves, 5 mamíferos y 9 reptiles.<br>Para más detalles sobre las especies registradas en el AP y la RE consultar Capítulo III. Además, las actividades de monitoreo quedarán | **Informativo (Capítulo III)** |

| ESTRATEGIAS UAB 62 | | CUMPLIMIENTO DE ESTRATEGIA | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|
| | | contempladas dentro de los alcances de los principales acciones y Estudios Ambientales que integra como parte del esquema de mitigación específico para revertir los posibles impactos ambientales.<br>Por último, se realizarán acciones de compensación a través de una reforestación en 1 ha para recuperar la cobertura vegetal afectada por el proyecto, la cual estará alineada al Programa Nacional de Restauración Ambiental (PNRA) y al Programa de Manejo del Parque Nacional Tulum. | |
| C) Protección de los recursos naturales | 9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados. | Como parte de las actividades de prevención, mitigación y compensaciones con la finalidad de no provocar un desequilibrio dentro de las cuencas o acuíferos sobreexplotados. Para ello, dentro de las características constructivas del Área del Proyecto (AP), se utilizarán materiales permeables que permitirán la infiltración del agua así como su dirección hacia los costados a las obras longitudinales , además de la instalación de jardineras que fungirán como puntos de captación del agua. Todos estos componentes se describen dentro del Capítulo I.<br>En tanto, para prevenir la contaminación de estos, se implementarán acciones de manejo integral de los residuos, así como acciones inmediatas en caso de derrames de hidrocarburos, y así impedir su infiltración dentro de los acuíferos. Por último, se prevé realizar acciones de monitoreo del agua en norias o pozos cercanos al proyecto para verificar que estos no estén siendo contaminados.<br>Por último, se realizarán acciones de compensación a través de una reforestación en 1 ha para recuperar la cobertura vegetal afectada por el proyecto, la cual estará alineada al Programa Nacional de Restauración Ambiental (PNRA) y al Programa de Manejo del Parque Nacional Tulum. | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06, P07, P08**<br>**MITIGACIÓN: M03, M07, M09**<br>**COMPENSACIÓN: C1.** |
| | 12. Protección de los ecosistemas. | Como parte de las medidas de control, prevención, mitigación o compensación por la afectación de especies e individuos incluidos en la NOM-059-SEMARNAT se realizará el rescate y reubicación de especies de flora silvestre y el ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, con mayor énfasis en especies en riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019), especies endémicas y de alto valor ecológico.<br>Además, se realizará la protección de nidos y madrigueras, se prohibirá la colecta, tráfico o daño a las especies de flora, especialmente si son endémicas o se encuentran en estatus de protección. Para la fauna se prohíbe la caza, colecta, tráfico de especies y/o cualquier otra actividad que perjudique de manera directa a las especies de fauna silvestre de la zona. | **PREVENCIÓN: P05, P08, P07**<br>**MITIGACIÓN: M03, M06, M08, M09**<br>**COMPENSACIÓN: C1.** |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| ESTRATEGIAS UAB 62 | | CUMPLIMIENTO DE ESTRATEGIA | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|
| | | Adicionalmente, se implementarán acciones de restauración de los ecosistemas a través de una reforestación en una superficie de 1 ha, esto con la finalidad de promover la conectividad dentro de la Región Ecológica (RE), esto alineado al Programa Nacional de Restauración (PNRA).<br>Por último, se realizará el manejo de especies exóticas y exóticas-invasoras. | |
| D) Dirigidas a la Restauración | 14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas. | Como parte de las medidas de control, prevención, mitigación o compensación por la afectación de especies e individuos incluidos en la NOM-059-SEMARNAT se realizará el rescate y reubicación de especies de flora silvestre y el ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, con mayor énfasis en especies en riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019), especies endémicas y de alto valor ecológico.<br>Además, se realizará la protección de nidos y madrigueras, se prohibirá la colecta, tráfico o daño a las especies de flora, especialmente si son endémicas o se encuentran en estatus de protección. Para la fauna se prohíbe la caza, colecta, tráfico de especies y/o cualquier otra actividad que perjudique de manera directa a las especies de fauna silvestre de la zona. Por último, se realizará el manejo de especies exóticas y exóticas-invasoras.<br>Como medida compensación para los posibles impactos ocasionados por el Proyecto, se llevará a cabo un *Programa de Reforestación* alineado al Programa Nacional de Restauración Ambiental (PNRA) en una superficie de 1 ha, el cual establecerá una reforestación en óptimas condiciones para su permanencia dentro de los ecosistemas forestales, lo cual contribuirá en el incremento en el potencial de sumideros forestales de carbono y promoverá la adaptación de efectos de cambios climáticos. De manera adicional mediante el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria se reducirá la emisión de gases de efecto invernadero. | **MITIGACIÓN: M06, M08**<br>**COMPENSACIÓN: C1.** |
| E) Dirigidas al aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios | 21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo. | El presente proyecto tiene la finalidad de proporcionar un espacio que permita la visitación del Parque Nacional Tulum y el Parque del Jaguar de manera responsable ambientalmente hablando, esto a través de las características constructivas expuestas dentro del Capítulo I. Además, tendrá espacios para visitantes con capacidades motrices diferentes, arribo de rápida acción para la atención de alguna emergencia climática o ambiental, así como para una mejor ejecución de las labores diarias del personal que labora dentro del ANP. | **Informativo (Capítulo I)** |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| ESTRATEGIAS UAB 62 | | CUMPLIMIENTO DE ESTRATEGIA | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|
| **Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana** | | | |
| E) Desarrollo Social | 37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas | El proyecto generará empleos directos e indirectos, así mismo coadyuvará en el desarrollo de construcción de este estacionamiento, el cual plantea impulsar el crecimiento económico y turístico en la región, integrando a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo. | **Informativo** |
| **Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional** | | | |
| A) Marco Jurídico | 42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural. | El proyecto no se encuentra cercano a áreas rurales, cabe mencionar que este respetará en todo momento los derechos de las propiedades rurales aledañas, e impulsará la economía del lugar, generando empleos y mejorando de cierta manera la calidad de vida de la población cercana. Además, se ejecutará exclusivamente dentro de la superficie autorizada. | **Informativo** |

El **POEGT** no es un instrumento restrictivo, permite establecer la política ambiental a nivel federal, establecida para el territorio donde se pretende llevar a cabo el proyecto (AP)**.** Del análisis de sus actividades de preparación, construcción, operación y mantenimiento con los criterios del POETG, se concluye que **el presente PROYECTO NO CONTRAVIENE a las estrategias y lineamientos ecológicos establecidos en el Ordenamiento antes referido y analizado, así como en la Unidad de Biofísica Ambiental (UAB) 64 denominada Karst del Sur de Quintana Roo.**

Adicionalmente, se implementarán medidas de prevención, mitigación y compensación que se implementarán de manera conforme a lo indicado dentro del Capítulo IV, así como los indique la autoridad ambiental en caso de autorizar el presente proyecto.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

## II.1.2. Programa de Ordenamiento Ecológico, Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMyMC)

**Fecha de expedición:** 24 de noviembre de 2012.
**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) ) y Subsistema de Información sobre el Ordenamiento Ecológico (SIORE).
**Fuente de consulta y publicación:** https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/bitacora-ambiental-golfo-de-mexico-y-mar-caribe

De acuerdo con el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), el Subsistema de Información sobre el Ordenamiento Ecológico (SIORE) y el vector de este POEMyRGMyMC, el Área del Proyecto (AP) se localiza dentro de la **UGA 145. PN TULUM**. Se presenta el cuadro de las **acciones específicas susceptibles para vincularse.**

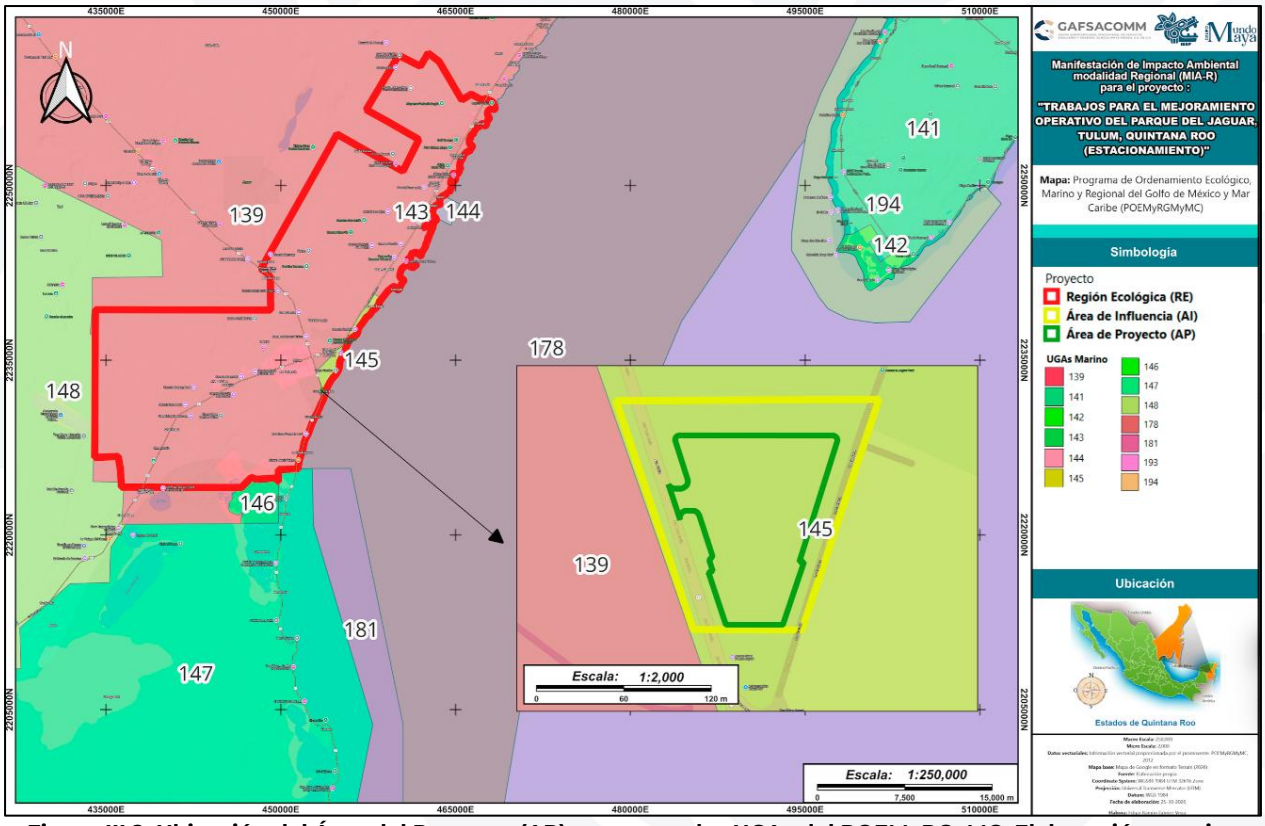



**Figura III.2. Ubicación del Área del Proyecto (AP) respecto a las UGAs del POEMyRGyMC. Elaboración propia.**


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

**Tabla II.4. Acciones específicas propias de la UGA 145-PN Tulum. Elaboración propia.**

| Acciones Específicas | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Acción | Aplicación | Acción | Aplicación | Acción | Aplicación | Acción | Aplicación |
| A-001 | APLICA | A-027 | APLICA | A-053 | APLICA | A-079 | NA |
| A-002 | APLICA | A-028 | APLICA | A-054 | APLICA | A-080 | NA |
| A-003 | APLICA | A-029 | APLICA | A-055 | APLICA | A-081 | NA |
| A-004 | NA | A-030 | APLICA | A-056 | APLICA | A-082 | NA |
| A-005 | APLICA | A-031 | APLICA | A-057 | APLICA | A-083 | NA |
| A-006 | APLICA | A-032 | APLICA | A-058 | APLICA | A-084 | NA |
| A-007 | APLICA | A-033 | NA | A-059 | APLICA | A-085 | NA |
| A-008 | APLICA | A-034 | NA | A-060 | APLICA | A-086 | NA |
| A-009 | APLICA | A-035 | NA | A-061 | APLICA | A-087 | NA |
| A-010 | APLICA | A-036 | NA | A-062 | APLICA | A-088 | NA |
| A-011 | APLICA | A-037 | APLICA | A-063 | APLICA | A-089 | NA |
| A-012 | APLICA | A-038 | APLICA | A-064 | APLICA | A-090 | NA |
| A-013 | APLICA | A-039 | APLICA | A-065 | APLICA | A-091 | NA |
| A-014 | APLICA | A-040 | APLICA | A-066 | APLICA | A-092 | NA |
| A-015 | APLICA | A-041 | NA | A-067 | APLICA | A-093 | NA |
| A-016 | APLICA | A-042 | NA | A-068 | APLICA | A-094 | NA |
| A-017 | APLICA | A-043 | NA | A-069 | APLICA | A-095 | NA |
| A-018 | APLICA | A-044 | APLICA | A-070 | APLICA | A-096 | NA |
| A-019 | APLICA | A-045 | NA | A-071 | APLICA | A-097 | NA |
| A-020 | APLICA | A-046 | NA | A-072 | APLICA | A-098 | NA |
| A-021 | APLICA | A-047 | NA | A-073 | NA | A-099 | NA |
| A-022 | APLICA | A-048 | NA | A-074 | NA | A-100 | NA |
| A-023 | APLICA | A-049 | NA | A-075 | NA | | |
| A-024 | APLICA | A-050 | APLICA | A-076 | NA | | |
| A-025 | APLICA | A-051 | APLICA | A-077 | NA | | |
| A-026 | APLICA | A-052 | APLICA | A-078 | NA | | |

A continuación, se presenta la vinculación con las **acciones generales y específicas aplicables:**



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

**Tabla II.5. Acciones Generales de la Unidad de Gestión Ambiental 145. PN Tulúm que son vinculantes al proyecto. Elaboración propia.**

| CLAVE | DESCRIPCIÓN | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|
| G004 | Instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia y control de las actividades extractivas de flora y fauna silvestre, particularmente para las especies registradas en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010). | Como parte de las medidas de control, prevención, mitigación o compensación por la afectación de especies e individuos incluidos en la NOM-059-SEMARNAT se realizará el rescate y reubicación de especies de flora silvestre y el ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, con mayor énfasis en especies en riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019), especies endémicas y de alto valor ecológico.<br>Además, se realizará la protección de nidos y madrigueras, se prohibirá la colecta, tráfico o daño a las especies de flora, especialmente si son endémicas o se encuentran en estatus de protección. Para la fauna se prohíbe la caza, colecta, tráfico de especies y/o cualquier otra actividad que perjudique de manera directa a las especies de fauna silvestre de la zona.<br>Por último, se realizará el manejo de especies exóticas y exóticas-invasoras. | **MITIGACIÓN: M06, M08** |
| G006 | Reducir la emisión de gases de efecto invernadero. | Durante el desarrollo de las etapas del proyecto se aplicarán las medidas de prevención y mitigación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de los vehículos y maquinaria presentes en el AP. Para ello, se implementará el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaría mediante la aplicación de las acciones enfocadas para ello.<br>Entre las acciones relacionadas al manejo de residuos están el mantenimiento preventivo regular de los vehículos y la maquinaria, la capacitación adecuada al personal sobre prácticas ambientales responsables y el manejo adecuado de residuos, monitoreo ambiental constante para identificar cualquier impacto negativo en tiempo real y tomar medidas correctivas de manera oportuna y la prohibición de trabajo en horario nocturno (6:30pm – 7:00am) como medida de seguridad y para evitar posibles impactos ambientales adicionales (Capítulo IV).<br>Los vehículos automotores que cuenten con el registro vehicular en el estado de Yucatán, deberán contar con la verificación vigente aplicable al estado.<br>Adicionalmente, se implementará un Programa de Reforestación que ayudará a la captura de gases de efecto invernadero dentro de sus tejidos leñosos, fungiendo como un sumidero de carbono dentro de la Región Ecológica (RE). | **PREVENCIÓN: P03, P04, P05**<br>**MITIGACIÓN: M03, M04, M05**<br>**COMPENSACIÓN: C1** |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| CLAVE | DESCRIPCIÓN | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|
| G008 | El uso de Organismos Genéticamente Modificados debe realizarse conforme a la legislación vigente. | Durante los muestreos de flora y fauna se identificaron únicamente especies nativas y algunas especies exóticas (Capitulo III) en el cuál no se avistó ninguna especie genéticamente modificada.<br>Por otra parte de la modificación del proyecto se contempla como medida de mitigación para el impacto ambiental generado, el implementar acciones de rescate y reubicación de especies de flora silvestre, en el cual se incluyen acciones que implican reubicar las especies encontradas y rescatadas durante los muestreos realizados con la finalidad de asegurar que se mantenga el acervo genético regional de las poblaciones y evitar la introducción de especies exóticas o con modificaciones genéticas que pudieran alterar el equilibrio ecológico de la RE. Por último, se realizará el manejo de especies exóticas y exóticas-invasoras. | **MITIGACIÓN:**<br>**M06, M08** |
| G009 | Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat. | Como parte del proyecto, se contempla que, para promover la conectividad entre los ecosistemas circundantes, se implementará un Programa de Reforestación en sitios que requieran asistencia activa para su recuperación ecosistémica. Se establecerán especies de plantas nativas para promover su uso espacial para el desplazamiento de la fauna silvestre. Adicionalmente, se mantendrán franjas de vegetación a la periferia del estacionamiento que permita la conectividad de avifauna y reptiles<br>Por otra parte, se ejecutarán acciones de rescate y reubicación de flora silvestre, de la cual se rescatarán a todos los individuos de importancia ecológica para el ecosistema, así como aquellas enlistadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. | **MITIGACIÓN:**<br>**M08, M09**<br><br>**COMPENSACIÓN:**<br>**C1** |
| G011 | Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas. | Como parte de las medidas de prevención, mitigación y compensación diseñadas dentro del Capítulo IV para evitar un desequilibrio ecológico en el marco de este proyecto, para minimizar las afectaciones a los ecosistemas costeros se implementará un correcto manejo integral de los residuos, los cuales serán focalizados en sus sitios de acopio, así como su disposición se realizará a través de proveedores con sus autorizaciones correspondientes, y estos serán focalizados en sitios de acopio autorizados.<br>Se ejecutarán acciones de ahuyentamiento de fauna silvestre, y para aquellas especies de movilidad reducida, se ejecutará de manera activa el rescate y reubicación de la fauna. En caso de encontrarse nidos y madrigueras activas, se esperará a que estos sitios de crianza sean abandonados, y serán destruidos para que no sean nuevamente reutilizados.<br>Por parte de la flora silvestre, esta será rescatada y reubicada dentro de sitios con características ecológicas similares para su adecuado desarrollo y forme parte del continuo de vegetación que prevalece dentro de la RE.<br>Además, las actividades constructivas se apegarán a los horarios conforme a la normatividad vigente, así como las emisiones que emitirá la maquinaria. | **PREVENCIÓN:**<br>**P05, P08, P07**<br><br>**MITIGACIÓN:**<br>**M03, M06, M08, M09**<br><br>**COMPENSACIÓN:**<br>**C1.** |
| G013 | Evitar la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas. | Como parte de las medidas de control, prevención, mitigación o compensación por la afectación de especies e individuos incluidos en la NOM-059-SEMARNAT se realizará el rescate y reubicación de especies de flora silvestre y el ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, con mayor énfasis en especies en riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT- | **MITIGACIÓN:**<br>**M06, M08** |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| CLAVE | DESCRIPCIÓN | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|
| | | 2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019), especies endémicas y de alto valor ecológico.<br>Además, se realizará la protección de nidos y madrigueras, se prohibirá la colecta, tráfico o daño a las especies de flora, especialmente si son endémicas o se encuentran en estatus de protección. Para la fauna se prohíbe la caza, colecta, tráfico de especies y/o cualquier otra actividad que perjudique de manera directa a las especies de fauna silvestre de la zona.<br>El proyecto contempla dentro de sus medidas de prevención y mitigación el manejo de especies exóticas-invasoras (DOF, 2016) con la finalidad no evitar su futura propagación al momento de ejecutar las diferentes etapas del proyecto. Asimismo, se evitará el uso de exóticas-invasoras dentro de las áreas ajardinadas, y se prohibirá el ingreso de las mismas dentro de las instalaciones del Área del Proyecto (AP). | |
| G023 | Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas. | Se llevará un seguimiento puntual para prevenir la mala gestión de estos y ocasionar la proliferación de algún tipo de plaga, principalmente roedores, que se serían atraídos por los Residuos Urbanos (desechos de comida) y que pudiera provocar un desequilibrio ecológico a las comunidades biológicas adyacentes al AP o un daño a la salud a los trabajadores, por lo que se colocaran carteles para el buen manejo de residuos, así como contenedores cercanos a las áreas de descanso del personal. | **PREVENCIÓN: P05, P08, P07, P08** |
| G024 | Promover la realización de acciones de forestación y reforestación con restauración de suelos para incrementar el potencial de sumideros forestales de carbono, como medida de mitigación y adaptación de efectos de cambio climático. | Como medida compensación para los posibles impactos ocasionados por la modificación del proyecto, se llevará, se ejecutarán acciones de restauración forestal conforme al *Programa de Reforestación* de 1 ha alineado al Programa Nacional de Restauración Ambiental (DGRA), el cual establecerá una reforestación en óptimas condiciones para su permanencia dentro de los ecosistemas forestales, lo cual contribuirá en el incremento en el potencial de sumideros forestales de carbono y promoverá la adaptación de efectos de cambios climáticos. De manera adicional mediante el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria se reducirá la emisión de gases de efecto invernadero.<br>Es importante resaltar que se emplearán especies nativas que presenten alta resistencia y tolerancia a las condiciones edafoclimáticos de los sitios en donde serán destinadas.<br>Por otra parte, conforme a las autorizaciones específicas para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), se realizarán las gestiones pertinentes ante la DGGFSOE previo a las actividades de desmonte y despalme, y el proyecto se alineará a las medidas de mitigación y compensación específicas que esta autoridad ambiental dicte. | **COMPENSACIÓN: C1.** |
| G025 | Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas. | | |
| G026 | Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación). | | |

| CLAVE | DESCRIPCIÓN | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|
| G030 | Fomentar la producción y uso de equipos energéticamente más eficientes. | Durante el desarrollo de todas las obras y actividades del proyecto se buscará la eficiencia energética a través de la utilización de equipos, vehículos y maquinaria en óptimas condiciones y que cumplan con las condiciones requeridas a través de las verificaciones necesarias. Además, se instalarán papeles solares que alimentarán de energía a las luminarias dentro del estacionamiento (Capítulo I). | **PREVENCIÓN: P03** |
| A037 | Promover la generación energética por medio de energía solar | Como parte del proyecto, se instalarán paneles solares sobre los cajones del estacionamiento con la finalidad de abastecer de energía eléctrica las luminarias dentro del estacionamiento (Capítulo I). | **INFORMATIVO (Capítulo I).** |
| G039 | Promover y fortalecer la formulación e instrumentación de los ordenamientos ecológicos locales en el ASO. | El promovente realizó el análisis de los ordenamientos aplicables a la zona donde se desarrollará el proyecto, para asegurar su viabilidad y el cumplimiento de los criterios aplicables, determinando que este proyecto incide exclusivamente dentro de la UGA 145 del presente ordenamiento. | **INFORMATIVO.** |
| G051 | Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos. | Como parte de las medidas de prevención, mitigación y compensación, se realizarán platicas de concientización del manejo adecuado de residuos al personal que labore dentro del proyecto. | **PREVENCIÓN: P08** |
| G055 | La remoción parcial o total de vegetación forestal para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, o para el aprovechamiento de recursos maderables en terrenos forestales y preferentemente forestales, sólo podrá llevarse a cabo de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y demás disposiciones jurídicas aplicables. | Para llevar a cabo la preparación, construcción, operación y mantenimiento del Estacionamiento del Parque Nacional Tulum se gestionará ante la DGGFSOE la autorización para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) previo a iniciar las actividades de desmonte y despalme previstas para comenzar con la construcción, y tanto la operación como el mantenimiento del proyecto. | **INFORMATIVO** |
| G056 | Promover e impulsar la construcción y adecuada operación de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, peligrosos o de manejo especial de acuerdo con la normatividad vigente. | Se llevará a cabo la aplicación de una correcta gestión de los residuos, cumpliendo con la normatividad estatal y federal aplicable vigente para el desarrollo del proyecto. Cabe resaltar que se contratará con una empresa especializada y autorizada para la recolección, manejo, transportación y disposición de los residuos. | **PREVENCIÓN: P04, P05, P06** |

| CLAVE | DESCRIPCIÓN | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|
| G058 | La gestión de residuos peligrosos deberá realizarse conforme a lo establecido por la legislación vigente y los lineamientos de la CICOPLAFEST que resulten aplicables. | Se llevará a cabo la aplicación del *Programa de Manejo Integral de Residuos* para una correcta separación, almacenamiento, transporte y disposición de los residuos. Asimismo, se realizará la separación de los residuos y se dispondrán conforme a la legislación vigente. | **PREVENCIÓN: P04, P05, P06, P08** |

**Tabla II.6. Acciones Específicas de la Unidad de Gestión Ambiental 145-PN Tulúm que son vinculantes al proyecto. Elaboración propia.**

| CLAVE | DESCRIPCIÓN | VINCULACIÓN | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|
| A-005 | Fomentar la reducción de pérdida de agua durante los procesos de distribución de la misma. | Durante el desarrollo del proyecto, se realizará la supervisión ambiental con el fin de evitar el desperdicio o contaminación del agua, así como el cumplimiento de las medidas de mitigación y compensación.<br>De manera específica, para lograr la infiltración del agua, se mantendrá una franja perimetral de vegetación, así como la colocación de jardineras que tendrán la función de captar el agua e infiltrarla a los acuíferos. | **MITIGACIÓN: M07, M09** |
| A-006 | Implementar programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises. | El Área del Proyecto (AP) se contempla la instalación de soluciones constructivas que permitirán la adecuada infiltración del agua, el cual se describe con detalle dentro del Capítulo I. Entre ellas, encontramos la colocación de una carpeta de rodamiento permeable la cual permitirá la correcta infiltración del agua sobre la superficie de rodamiento del estacionamiento, así como la permanencia de franjas perimetrales de vegetación y jardineras que captarán el agua pluvial y será infiltrada hacia el acuífero.<br>Por último, la disposición de las aguas sanitarias (puesto que se colocará 1 sanitario portátil por cada 15 trabajadores) se realizará a través de una empresa autorizada para la recolección y transporte, así como su punto final de disposición. | **PREVENCIÓN: P06**<br>**MITIGACIÓN: M07, M09** |
| A-011 | Establecer e impulsar programas de restauración y recuperación de la cobertura vegetal original para revertir el avance de la frontera agropecuaria. | Como medida compensación para los posibles impactos ocasionados por la modificación del proyecto, se llevará, se ejecutarán acciones de restauración forestal conforme al *Programa de Reforestación* en 1 ha alineada al Programa Nacional de Restauración Ambiental (PNRA), el cual establecerá una reforestación en óptimas condiciones para su permanencia dentro de los ecosistemas forestales, lo cual contribuirá en el incremento en el potencial de sumideros forestales de carbono y promoverá la adaptación de efectos de cambios climáticos. De manera adicional mediante el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria se reducirá la emisión de gases de efecto invernadero.<br>Además, esta medida coadyuvará a la conectividad de las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO, y promoverá la restauración y recuperación de zonas degradadas identificadas en el marco de este programa.<br>Así como también se contempla dentro de las acciones de mitigación, la implementación de programas ambientales, tales como el rescate y reubicación de flora silvestre para de esta manera | **MITIGACIÓN: M06, M08**<br>**COMPENSACIÓN: C01** |
| A-016 | Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de | | |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| CLAVE | DESCRIPCIÓN | VINCULACIÓN | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|
| | conservación dentro del ASO (áreas sujetas a ordenamiento ecológico territorial). | revegetar con especies nativas evitando de tal manera la fragmentación del hábitat,, acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, así como la implementación de hábitats para polinizadores, pasos de aéreos para el paso de primates, pasos de fauna para fauna de tamaño pequeño y lento desplazamiento, así como presentar sus informes específicos de funcionamiento. | |
| A-017 | Establecer e impulsar programas de restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas. | | |
| A-018 | Promover acciones de protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerando la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010). | Como parte de las medidas de control, prevención, mitigación o compensación por la afectación de especies e individuos incluidos en la NOM-059-SEMARNAT se realizará el rescate y reubicación de especies de flora silvestre y el ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, con mayor énfasis en especies en riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019), especies endémicas y de alto valor ecológico.<br>Además, se realizará la protección de nidos y madrigueras, se prohibirá la colecta, tráfico o daño a las especies de flora, especialmente si son endémicas o se encuentran en estatus de protección. Para la fauna se prohíbe la caza, colecta, tráfico de especies y/o cualquier otra actividad que perjudique de manera directa a las especies de fauna silvestre de la zona.<br>Por último, se realizará el manejo de especies exóticas y exóticas-invasoras. | **MITIGACIÓN: M06, M08** |
| A-019 | Los programas de remediación que se implementen deberán ser formulados y aprobados de conformidad con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y demás normatividad aplicable. | Se llevará a cabo la aplicación del *Programa de Manejo Integral de Residuos* para una correcta separación, almacenamiento, transporte y disposición de los residuos.<br>Mediante la implementación del *Programa de Manejo Integral de Residuos* se llevarán a cabo acciones de mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaría para de esta manera evitar la contaminación del suelo considerando un área especial para llevar a cabo estas actividades, en caso de haber un derrame se establecerán procedimientos específicos para la atención de los mismos los cuales se determinan en el programa antes mencionado, en el caso particular de los residuos urbanos generados que puedan ocasionar contaminantes en el suelo se llevará a cabo el adecuado manejo y disposición de los mismos estos serán recolectados posteriormente por empresas contratistas autorizadas para su disposición final, correspondiendo a la legislación aplicable en términos del manejo de residuos. | **PREVENCIÓN: P04, P05, P06, P08** |
| A021 | Fortalecer los mecanismos de control de emisiones y descargas para mejorar la calidad del aire, agua y suelos, particularmente en las zonas industriales y urbanas del ASO. | | |
| A-023 | Fomentar la aplicación de medidas preventivas y correctivas de contaminación del suelo con base a riesgo ambiental, así como la aplicación de acciones inmediatas o de emergencia y tecnologías para la remediación *in situ*, en términos de la legislación aplicable. | | |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| CLAVE | DESCRIPCIÓN | VINCULACIÓN | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|
| A-024 | Fomentar el uso de tecnologías para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y partículas al aire por parte de la industria y los automotores cuando ello sea técnicamente viable. | Durante el desarrollo de las etapas del proyecto se aplicarán las medidas de prevención y mitigación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de los vehículos y maquinaria presentes en el AP. Para ello, se implementará el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaría mediante la aplicación de las acciones enfocadas para ello.<br>Entre las acciones relacionadas al manejo de residuos están el mantenimiento preventivo regular de los vehículos y la maquinaria, la capacitación adecuada al personal sobre prácticas ambientales responsables y el manejo adecuado de residuos, monitoreo ambiental constante para identificar cualquier impacto negativo en tiempo real y tomar medidas correctivas de manera oportuna y la prohibición de trabajo en horario nocturno (6:30pm – 7:00am) como medida de seguridad y para evitar posibles impactos ambientales adicionales (Capítulo IV).<br>Los vehículos automotores que cuenten con el registro vehicular en el estado de Yucatán, deberán contar con la verificación vigente aplicable al estado. | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06, P08** |
| A025 | Promover la participación de las industrias en acciones tendientes a una gestión adecuada de residuos peligrosos, con el objeto de prevenir la contaminación de suelos y fomentar su preservación. | Se llevará a cabo la aplicación del *Programa de Manejo Integral de Residuos* para una correcta separación, almacenamiento, transporte y disposición de los residuos.<br>Mediante la implementación del *Programa de Manejo Integral de Residuos* se llevarán a cabo acciones de mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaría para de esta manera evitar la contaminación del suelo considerando un área especial para llevar a cabo estas actividades, en caso de haber un derrame se establecerán procedimientos específicos para la atención de los mismos los cuales se determinan en el programa antes mencionado, en el caso particular de los residuos urbanos generados que puedan ocasionar contaminantes en el suelo se llevará a cabo el adecuado manejo y disposición de los mismos estos serán recolectados posteriormente por empresas contratistas autorizadas para su disposición final, correspondiendo a la legislación aplicable en términos del manejo de residuos. | **PREVENCIÓN: P05** |
| A037 | Promover la generación energética por medio de energía solar | Como parte del proyecto, se instalarán paneles solares sobre los cajones del estacionamiento con la finalidad de abastecer de energía eléctrica las luminarias dentro del estacionamiento. | **INFORMATIVO** |
| A-052 | Promover el uso sostenible de la tierra/agricultura (cultivos, ganado, pastos y praderas, y bosques) y prácticas de manejo y tecnología que favorezcan la captura de carbono. | Propiamente el proyecto no está involucrado en el uso sostenible de la tierra/agricultura.<br>Como medida compensación para los posibles impactos ocasionados por el proyecto, se ejecutarán acciones de restauración forestal conforme al *Programa de Reforestación* alineada al Programa Nacional de Restauración Ambiental (DGRA), el cual establecerá una reforestación en óptimas condiciones para su permanencia dentro de los ecosistemas forestales, lo cual contribuirá en el incremento en el potencial de sumideros forestales de carbono y promoverá la adaptación de efectos de cambios climáticos. De manera adicional mediante el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria se reducirá la emisión de gases de efecto invernadero. | **COMPENSACIÓN: C01** |
| A-062 | Fortalecer y consolidar las capacidades organizativas y de infraestructura para el manejo adecuado y disposición final de residuos peligrosos y de manejo | Se llevará a cabo la aplicación del *Programa de Manejo Integral de Residuos* para una correcta separación, almacenamiento, transporte y disposición de los residuos.<br>Mediante la implementación del *Programa de Manejo Integral de Residuos* se llevarán a cabo acciones de mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaría para de esta manera evitar la contaminación del suelo considerando un área especial para llevar a cabo estas | **PREVENCIÓN: P05** |

| CLAVE | DESCRIPCIÓN | VINCULACIÓN | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|
| | especial. Asegurar el Manejo Integral de los residuos peligrosos. | actividades, en caso de haber un derrame se establecerán procedimientos específicos para la atención de los mismos los cuales se determinan en el programa antes mencionado, en el caso particular de los residuos urbanos generados que puedan ocasionar contaminantes en el suelo se llevará a cabo el adecuado manejo y disposición de los mismos estos serán recolectados posteriormente por empresas contratistas autorizadas para su disposición final, correspondiendo a la legislación aplicable en términos del manejo de residuos. | |
| A-068 | Promover el manejo integral de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial para evitar su impacto ambiental en el mar y zona costera | | |
| A-069 | Promover el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial para evitar su disposición en el mar. | | |
| ANP | Aplicar Decreto y Programa de Manejo del ANP | El presente proyecto incide dentro del Parque Nacional Tulum en la totalidad de su superficie conforme a lo siguiente: incide dentro de 74 $m^2$ (0.74 %) dentro de la subzonifcación de Uso Público Caminos de Ingreso y en 9,926 $m^2$ (99.26 %) dentro de la subzonificación de Preservación. Dentro del numeral *II.2.1. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Federales* se desarrolla la vinculación en donde el proyecto se apega a lo establecido a su Programa de Manejo, y es viable siempre y cuando se implementen las medidas de prevención, mitigación y compensación diseñadas dentro del Capítulo IV para no provocar un desequilibrio ecológico dentro de la Región Ecológica (RE), ni se cumplirá el principio no regresión y progresividad ambiental. | **INFORMATIVO (Consultar Capítulo II, numeral *II.2.1. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Federales*** |

De acuerdo con el análisis a cada uno de los criterios generales y específicos, aplicables al Área del Proyecto (AP), se concluye que **no se contravienen y se pueden llevar a cabo las obras y actividades mencionadas en el capítulo II**; que componen el proyecto, por lo tanto, se permite el desarrollo de este siempre y cuando se dé cumplimiento a los criterios específicos del sector. Por ello, se concluye que **el presente PROYECTO NO CONTRAVIENE a las estrategias y lineamientos ecológicos establecidos en la UGA 145. PN Tulum ni en el Ordenamiento antes referido y analizado.**

Adicionalmente, se implementarán medidas de prevención, mitigación y compensación que se implementarán de manera conforme a lo indicado dentro del Capítulo IV, así como los indique la autoridad ambiental en caso de autorizar el presente proyecto.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

## II.1.3. Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región denominada Corredor Cancún-Tulum (POET Corredor Cancún-Tulum)

**Fecha de expedición:** 16 de noviembre de 2001.
**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) y el Subsistema de Información sobre el Ordenamiento Ecológico (SIORE).
**Fuente de consulta y publicación:** http://bitacora-ambiental.semaqroo.gob.mx/images/decretos/decreto_poet_cancun_tulum_-1.pdf

De acuerdo con el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), el Subsistema de Información sobre el Ordenamiento Ecológico (SIORE) y el vector de este POET, el Área del Proyecto (AP) se localiza dentro de 4 UGAs, siendo estas la **AH-3-4. Centros de Población de Tulum y Playa del Carmen y Nuevo Centro de Población, la CN-4-2. Sur-Oriente de Tulum, la FF-4-3. Costa Tulum-Sian Ka´an, y la AN-5-5. Zonas Arqueológicas de Tulum y Xel-Ha.** A continuación, se presenta una tabla con las características de cada una de estas Unidades de Gestión Ambiental.

**Tabla 17. Características de las UGAs aplicables para el Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.**

| UGA | Política/fragilidad ambiental | Uso predominante | Usos compatibles | Usos condicionados | Usos incompatibles | Criterios |
|---|---|---|---|---|---|---|
| FF-4.3. Costa Tulum-Sian Ka´an | Conservación (4) | Flora y Fauna | --- | Infraestructura, Turismo | Acuacultura, Agricultura, Asentamientos Humanos, Forestal, Industria, Minería, Pesca | **C:** 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19. **EI:** 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 36, 38, 43, 48, 49. **FF:** 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 32, 34, 36. **MAE:** 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 40, 45, 47, 48, 49, 52, 53, 54, 55. **TU:** 3, 10, 11, 15, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 34, 40, 43, 44, 45. **AF:** 1. |
| AH-3-4. Centros de Población de Tulum y Playa del Carmen y Nuevo Centro de Población | Aprovechamiento (3) | Asentamientos humanos | Flora y Fauna, Infraestructura, Turismo | Industria Ligera | Acuacultura Agricultura Forestal, Minería, Pecuario, Pesca | **AH:** 3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23. **C:** 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20. **EI:** 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 47, 48, 49, 50, 53, 54, 55. **FF:** 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 34. **MAE:** 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14,15, 16, 17, 18, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 42, 43, 46, 47, 48, 49, 1, 52, 53, 54, 55. **TU:** 4, 10, 11, 12, 15, 16, 21, 22, 23, 24, 34, 43, 44, 45. **AF:** 7,10. **I:** 2, 3, 4. |
| AN-5-5. Zonas Arqueológicas de Tulum y Xel-Ha | Protección (5) | Área Natural | Flora y Fauna | Infraestructura, Turismo | Acuacultura, Agricultura, Asentamientos Humanos, Forestal, Industria, Minería, Pecuario, Pesca | **C:** 2, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 19. **EI:** 3, 4, 5, 8, 9, 13, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 36, 37, 38, 43, 44, 49, 50, 51, 53. **FF**: 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10,11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 32, 34, 36. **MAE:** 1, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 17, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 39, 40, 50, 55. **TU:** 5, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 21, 22, 24, 34, 40, 43, 44. |
| CN-4-2. Sur-Oriente de Tulum | Protección (4) | Corredor Natural | Flora y Fauna | Infraestructura, Turismo | Acuacultura, Agricultura, Asentamientos | **C:** 2, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 19. **EI:** 3, 4, 5, 8, 9, 13, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 36, 37, 38, 43, 44, 49, 50, |

| UGA | Política/fragilidad ambiental | Uso predominante | Usos compatibles | Usos condicionados | Usos incompatibles | Criterios |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Humanos, Forestal, Industria, Minería, Pecuario, Pesca | 51, 53. **FF**: 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10,11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 32, 34, 36. **MAE:** 1, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 17, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 39, 40, 50, 55. **TU:** 5, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 21, 22, 24, 34, 40, 43, 44. |

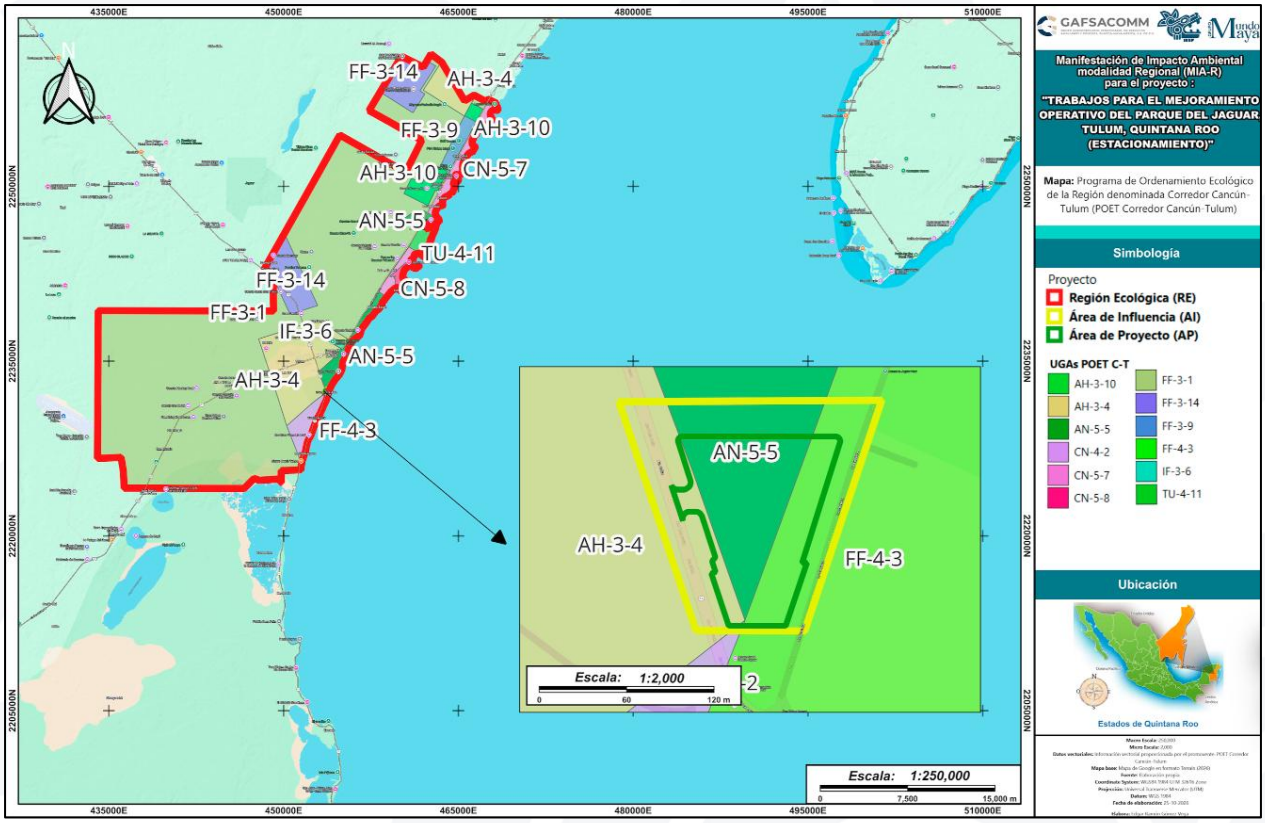



**Figura III.3. Ubicación del Área del Proyecto (AP) respecto a las UGAs del POET Corredor Cancún-Tulum. Elaboración propia.**

Respecto a la incidencia, el Área de Proyecto (AP) abarca su mayor superficie dentro de la UGA AN-5-5 con un 57.18 %, seguido de la FF-4-3 con un 32.05 %, la AH-34- con un 10.71 %, y finalmente la CN-4-2 con un 0.06 %.

**Tabla 17. Porcentaje de incidencias del AP por UGA. Elaboración propia.**

| UGA | Política ambiental | Uso predominante | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|---|
| AH-3-4 | Aprovechamiento | Asentamientos humanos | 1,070.9522 | 10.71 |
| AN-5-5 | Protección | Área natural | 5,718.1647 | 57.18 |
| CN-4-2 | Protección | Corredor natural | 6.1983 | 0.06 |
| FF-4-3 | Conservación | Flora y fauna | 3,204.7526 | 32.05 |

A continuación, se realiza la vinculación con los **criterios aplicables** para la regulación ecológica para este proyecto.

**Tabla II.7. Vinculación con los Criterios Aplicables sobre las UGAs de incidencia del POET Corredor Cancún-Tulum. Elaboración propia.**

| CRITERIO DE REGULACIÓN Y SU DESCRIPCIÓN | UGA DE INCIDENCIA | | | | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | AH-3-4 | AN-5-5 | CN-4-2 | FF-4-3 | | |
| AF1.- Solo se permite colectar frutos, semillas o restos de madera con fines de subsistencia. | | | | | Como parte de las medidas de mitigación diseñadas para este proyecto, se ejecutarán acciones para el rescate y reubicación de flora silvestre. En ese sentido, se realizará la colecta de furtos y semillas que permitirán su reproducción dentro del vivero temporal. Una vez alcanzada las características para su reubicación en campo, esta planta será reubicada dentro de los polígonos seleccionados para su establecimiento. | **MITIGACIÓN: M06, M08** |
| AF10.- Para el caso de las zonas de captación de agua, su protección deberá considerarse una prioridad | | | | | Como parte del diseño constructivo del proyecto, se establecerá una carpeta de rodamiento que permitirá la correcta infiltración del agua de lluvia dentro del estacionamiento una vez que entre en operación. Asimismo, se mantendrán 1,335.00 $m^2$ de jardineras que permitirán la infiltración del agua en donde la vegetación nativa fungirá como punto de captación del agua, y una franja de vegetación alrededor del estacionamiento que tendrá la misma función de infiltración | **MITIGACIÓN: M07, M09** |
| C1.- Solo la superficie mínima indispensable para el proyecto constructivo podrá ser despalmada. | | | | | La superficie de proyecto manifestada para la construcción de este estacionamiento representa la mejor opción para alcanzar los objetivos del mismo conforme a las especificaciones del Capítulo I, y las necesidades de operación dentro del Parque Nacional Tulum y el Parque del Jaguar.<br><br>Para ello, sólo se requerirá la superficie manifestada, y no se afectarán otras áreas que no sean autorizadas por la DGIRA y la DGGSFOE de la SEMARNAT, y las obras comenzarán una vez se cuente con las autorizaciones ambientales necesarias. | **INFORMATIVO** |
| C11.- No se permite la disposición de materiales derivados de las obras, producto de excavaciones o rellenos sobre la vegetación. | | | | | Como parte de las medidas de mitigación, todos los materiales productos del desmonte y despalme serán focalizados en un sitio de acopio específico fuera de la vegetación nativa, y los cuales serán dispuestos con un prestador de servicios para la recolección y trasportes, y que a su vez sean focalizados a sitios de disposición autorizados para este tipo de residuos, de acuerdo con lo indicado dentro del Capítulo IV del presente manifiesto, a través de la implementación del Programa de Manejo Integral de Residuos. | **PREVENCIÓN: P04, P05.**<br><br>**MITIGACIÓN: M01** |
| C12.- Los residuos sólidos y líquidos derivados de la construcción deben contar con un programa integral de manejo y disponerse en confinamientos autorizados por el Municipio. | | | | | | |
| C13.- Deberán tomarse medidas preventivas para la eliminación de grasas, aceites, emisiones atmosféricas, hidrocarburos y ruidos provenientes a la maquinaria en uso en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación. | | | | | Como parte de las medidas de prevención, y mitigación, se realizará la verificación de los vehículos y la maquinaria con la finalidad de que no se rebasen los límites permisibles de emisión de contaminantes atmosféricos (gases de efecto invernadero y de ruido.<br><br>En ese mismo sentido, acciones de mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaría tendrán también la finalidad de evitar la contaminación del suelo considerando un área especial para llevar a cabo estas actividades, en caso de haber un derrame se establecerán procedimientos específicos para la atención de los mismos los cuales se determinan en el programa antes mencionado, en el caso particular de los residuos urbanos generados que puedan ocasionar contaminantes en el suelo se llevará a cabo el adecuado manejo y disposición de los mismos estos serán recolectados posteriormente por empresas contratistas autorizadas para su disposición final, correspondiendo a la legislación aplicable en términos del manejo de residuos. | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06** |
| C14.- No se permite la utilización de palmas de las especies *Thrinax radiata*, *Pseudophoenix sargentii* y *Coccothrinax readii* (chit, cuca y nakás), como material de construcción excepto las provenientes de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS) o viveros autorizados. | | | | | Como parte de las especificaciones del proyecto, no se prevé la utilización de partes de las plantas en comento dentro de este criterio. No obstante, tanto *Thrinax radiata* como *Coccothrinax readii* fueron registradas durante los muestreos en campo, y las cuales serán especies focales para las acciones de rescate y reubicación de la flora silvestre.<br><br>Como se ha comentado dentro del capítulo I, se establecerán jardineras con especies de flora nativa, entre ellas, estas dos palmas. | **INFORMATIVO** |
| C15.- El almacenamiento y manejo de materiales deberá evitar la dispersión de polvos. | | | | | Como parte de las medidas de prevención y mitigación, se realizará la disposición de los residuos dentro de los sitios de acopio establecidos para este proyecto, resaltando que no estarán ni afectarán a vegetación nativa en ningún momento. Asimismo, se colocarán lonas a los vehículos que llegarán a transportar materiales de los que pudieran | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06** |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| CRITERIO DE REGULACIÓN Y SU DESCRIPCIÓN | UGA DE INCIDENCIA | | | | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | AH-3-4 | AN-5-5 | CN-4-2 | FF-4-3 | | |
| | | | | | desprenderse polvos, así como el riego del suelo cuando se requiera, aglomerando así a las partículas volátiles que pudieran desprenderse y dispersarse. | |
| C16.- Todo material calizo, tierra negra, tierra de despalme, área de fondo marino, piedra de muca y residuos vegetales, deberá provenir de fuentes y/o bancos de material autorizados. | | | | | El promovente se da por enterado de este criterio, por lo que el sascab empleado para la construcción de la carpeta de rodamiento provendrá de un sitio autorizado. Una vez contratado el servicio de este material, se presentará la autorización del sitio de origen dentro de los informes semestrales de cumplimiento. | **PREVENCIÓN: P01** |
| C17.- Los campamentos de obras ubicadas fuera del centro de población no deberán ubicarse a una distancia menor de 4 km de los centros de población. | | | | | Los campamentos de trabajo se instalarán dentro del Área del Proyecto (AP). | **INFORMATIVO** |
| C19.- Se recomienda la instalación subterránea de infraestructura de conducción de energía eléctrica y comunicación, evitando la contaminación visual del paisaje. | | | | | Como parte del diseño constructivo del estacionamiento, se colocarán luminarias que estarán conectadas a los paneles solares, los cuales proveerán de energía eléctrica a dichas luminarias. | **INFORMATIVO (Capítulo I)** |
| C2.- Previo a la preparación y construcción del terreno, se deberá llevar a cabo un programa de rescate de ejemplares de flora y fauna susceptibles de ser reubicados en áreas aledañas, o en el mismo predio. | | | | | Como parte de las medidas de control, prevención, mitigación o compensación por la afectación de especies e individuos incluidos en la NOM-059-SEMARNAT se realizará el rescate y reubicación de especies de flora silvestre y el ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, con mayor énfasis en especies en riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019), especies endémicas y de alto valor ecológico.<br>Además, se realizará la protección de nidos y madrigueras, se prohibirá la colecta, tráfico o daño a las especies de flora, especialmente si son endémicas o se encuentran en estatus de protección. Para la fauna se prohíbe la caza, colecta, tráfico de especies y/o cualquier otra actividad que perjudique de manera directa a las especies de fauna silvestre de la zona.<br>Adicionalmente, se implementarán acciones de restauración de los ecosistemas a través de una reforestación en una superficie de 1 ha, esto con la finalidad de promover la conectividad dentro de la Región Ecológica (RE), esto alineado al Programa Nacional de Restauración (DGRA).<br>Por último, se realizará el manejo de especies exóticas y exóticas-invasoras. | **MITIGACIÓN: M06, M08**<br><br>**COMPENSACIÓN. C01** |
| C3.- Los campamentos de construcción deberán ubicarse en áreas perturbadas como potreros y acahuales jóvenes, dentro del predio y sobre los sitios de desplante del proyecto, pero nunca sobre humedales, zona federal o vegetación natural. | | | | | Los campamentos de trabajo se instalarán dentro del Área del Proyecto (AP).<br><br>Asimismo, se contará con un Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá los protocolos para la minimización, separación, recolección y disposición de los residuos sólidos. En particular, para el manejo de los residuos sanitarios (contratación de 1 sanitario portátil por cada 15 trabajadores). Todos los residuos generados serán dispuestos por una empresa con las acreditaciones para su recolección y transporte, y serán enviados a un sitio autorizado para su disposición final. | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06.** |
| C4.- Los campamentos de construcción deberán contar con un sistema de manejo *in situ* de desechos sanitarios. | | | | | | |
| C5.- Los campamentos de construcción deberán contar con un sistema de manejo integral (minimización, separación, recolección y disposición) de desechos sólidos. | | | | | | |
| C8.- Cualquier cambio o abandono de actividad deberá presentar y realizar un programa autorizado de restauración del sitio. | | | | | El promovente se da por enterado de este criterio. Sin embargo, no se prevé un abandono del sitio puesto que este cumple con las características deseadas para la construcción del estacionamiento. | **INFORMATIVO** |
| EI11.- Los desarrollos turísticos y/o asentamientos humanos deberán contar con infraestructura para el apoyo y manejo de residuos líquidos y sólidos. | | | | | El presente proyecto contará con un Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá los protocolos para la minimización, separación, recolección y disposición de los residuos sólidos. En particular, para el manejo de los residuos sanitarios (contratación de 1 sanitario portátil por cada 15 trabajadores). Todos los residuos generados serán | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06.** |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| CRITERIO DE REGULACIÓN Y SU DESCRIPCIÓN | UGA DE INCIDENCIA | | | | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | AH-3-4 | AN-5-5 | CN-4-2 | FF-4-3 | | |
| | | | | | dispuestos por una empresa con las acreditaciones para su recolección y transporte, y serán enviados a un sitio autorizado para su disposición final. | |
| EI19.- Queda prohibida la descarga de aguas residuales crudas al suelo y subsuelo. | | | | | Como parte de las medidas de prevención y mitigación, el proyecto contará con un Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá los protocolos para la minimización, separación, recolección y disposición de los residuos sólidos. En particular, para el manejo de los residuos sanitarios (contratación de 1 sanitario portátil por cada 15 trabajadores). Todos los residuos generados serán dispuestos por una empresa con las acreditaciones para su recolección y transporte, y serán enviados a un sitio autorizado para su disposición final. | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06.** |
| EI21.- Quedan prohibidas las quemas de desechos sólidos y vegetación, la aplicación de herbicidas y defoliantes y el uso de maquinaria pesada para el mantenimiento de derechos de vía. | | | | | Como parte de las medidas de prevención y mitigación, quedará estrictamente prohibido el uso de fuego para la quema de desechos sólido y vegetales, puesto que estos serán dispuestos conforme al Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual dictará los protocolos para la minimización, separación, recolección y disposición de los residuos generados. Todos los residuos generados serán dispuestos por una empresa con las acreditaciones para su recolección y transporte, y serán enviados a un sitio autorizado para su disposición final. | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06.** |
| EI23.- Los paramentos de los caminos de acceso deberán ser protegidos con árboles y arbustos nativos. | | | | | Como parte del diseño constructivo, se dejarán en pie árboles a la entrada del acceso del estacionamiento, así como en la periferia de todo este estacionamiento que tendrá un ancho de 10 metros. | **INFORMATIVO (Capítulo I)** |
| EI24.- No se permite el derribo de árboles y arbustos ubicados en la orilla de los caminos. | | | | | | |
| EI25.- Los caminos de acceso deberán contar con reductores de velocidad y señalamientos de protección de la fauna. | | | | | Como parte del diseño constructivo del estacionamiento, se con reductores de velocidad a la entrada, así como plumillas de acceso. Y dentro del estacionamiento, la velocidad máxima permitida será de 10 km/h. | **INFORMATIVO** |
| EI28.- Se prohíbe la instalación de infraestructura para la disposición final de residuos sólidos. | | | | | Como parte de las medidas de prevención y mitigación, se establecerán sitios de acopio temporal de los residuos, puesto que estos serán dispuestos conforme al Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual dictará los protocolos para la minimización, separación, recolección y disposición de los residuos generados. Todos los residuos generados serán dispuestos por una empresa con las acreditaciones para su recolección y transporte, y serán enviados a un sitio autorizado para su disposición final. | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06.** |
| EI3.- La instalación de infraestructura estará sujeta a Manifestación del Impacto Ambiental. | | | | | Como parte del cumplimiento a este criterio, se somete a evaluación la presente Manifestación de Impacto Ambiental, y no se comenzarán obras hasta obtener las autorizaciones respectivas, además de que se ejecutarán las medidas de prevención, mitigación y compensación tanto indicadas dentro del Manifiesto como las que la autoridad ambiental indique. | **INFORMATIVO** |
| EI38.- Se desarrollan programas para la instalación de fuentes alternativas de energía. | | | | | Como parte del diseño constructivo del estacionamiento, se instalarán paneles solares que alimentarán de energía a las luminarias de este, fungiendo como una fuente de energía alternativa. | **INFORMATIVO (Capítulo I)** |
| EI4.- La instalación de infraestructura estará sujeta al Programa de Manejo. | | | | | El presente proyecto incide dentro del Parque Nacional Tulum en la totalidad de su superficie conforme a lo siguiente: incide dentro de 74 m2 (0.74 %) dentro de la subzonifcación de Uso Público Caminos de Ingreso y en 9,926 m2 (99.26 %) dentro de la subzonificación de Preservación. Dentro del numeral *II.2.1. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Federales* se desarrolla la vinculación en donde el proyecto se apega a lo establecido a su Programa de Manejo, y es viable siempre y cuando se implementen las medidas de prevención, mitigación y compensación diseñadas dentro del Capítulo IV para no provocar un desequilibrio ecológico dentro de la Región Ecológica (RE), ni se cumplirá el principio no regresión y progresividad ambiental. | **INFORMATIVO (Capítulo II, numeral II.2.1. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Federales)** |
| EI6.- No se permite la ubicación de infraestructura para la disposición final de residuos sólidos, salvo las municipales y de particulares aprobados. | | | | | Como parte de las medidas de prevención y mitigación, se establecerán sitios de acopio temporal de los residuos generados, puesto que estos serán dispuestos conforme al Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual dictará los protocolos para la minimización, separación, recolección y disposición de los residuos generados. Todos los | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06.** |

| CRITERIO DE REGULACIÓN Y SU DESCRIPCIÓN | UGA DE INCIDENCIA | | | | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | AH-3-4 | AN-5-5 | CN-4-2 | FF-4-3 | | |
| | | | | | residuos generados serán dispuestos por una empresa con las acreditaciones para su recolección y transporte, y serán enviados a un sitio autorizado para su disposición final. En ese sentido, en el marco de este proyecto no se construirán sitios de disposición final de residuos; sólo temporales. | |
| FF15.- En las áreas verdes deberán dejarse en pie los árboles más desarrollados de la vegetación original según la especie. | | | | | Como parte del diseño arquitectónico de este estacionamiento, se considerará dejar a los árboles más desarrollados como parte del diseño paisajístico. | **INFORMATIVO** |
| FF16.- Se prohíbe la extracción, captura o comercialización de especies de flora y fauna silvestre, salvo lo que la ley General de Vida Silvestre prevea. | | | | | Como parte de las medidas de prevención, se realizarán acciones de educación ambiental, en donde uno de los temas para tratar será la importancia de la fauna silvestre y su rol ecosistémico dentro de los ecosistemas, así como las sanciones administrativas y legales que tendrán la extracción, captura o comercialización de la flora y fauna silvestre, siendo incisivos en que esta estará completamente prohibido dentro del Área del Proyecto (AP). | **PREVENCIÓN: P08** |
| FF2.- Los desarrollos turísticos y/o habitacionales deberá minimizar el impacto a las poblaciones de mamíferos, reptiles y aves, en especial el mono araña. | | | | | Como parte de las medidas de control, prevención, mitigación o compensación por la afectación de especies e individuos incluidos en la NOM-059-SEMARNAT se realizará el rescate y reubicación de especies de flora silvestre y el ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, con mayor énfasis en especies en riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019), especies endémicas y de alto valor ecológico.<br>Además, se realizará la protección de nidos y madrigueras, se prohibirá la colecta, tráfico o daño a las especies de flora, especialmente si son endémicas o se encuentran en estatus de protección. Para la fauna se prohíbe la caza, colecta, tráfico de especies y/o cualquier otra actividad que perjudique de manera directa a las especies de fauna silvestre de la zona.<br>Adicionalmente, se implementarán acciones de restauración de los ecosistemas a través de una reforestación en una superficie de 1 ha, esto con la finalidad de promover la conectividad dentro de la Región Ecológica (RE), esto alineado al Programa Nacional de Restauración (DGRA).<br>Por último, se realizará el manejo de especies exóticas y exóticas-invasoras. | **MITIGACIÓN: M06, M08**<br>**COMPENSACIÓN. C01** |
| FF22.- Se prohíbe la introducción de especies de flora y fauna exóticas invasivas. | | | | | Como parte de las medidas de prevención, se realizarán acciones de educación ambiental, en donde uno de los temas para tratar será la importancia de la fauna silvestre y su rol ecosistémico dentro de los ecosistemas, así como las sanciones administrativas y legales por introducir fauna exótica y exótica-invasora dentro de sitios silvestre, siendo incisivos en que esta estará completamente prohibido dentro del Área del Proyecto (AP). | **PREVENCIÓN: P08** |
| FF23.- Se promoverá la erradicación de las plantas exóticas perjudiciales a la flora nativa, particularmente el pino de mar (*Casuarina equisetifolia*) y se restablecerá la flora nativa. | | | | | Como parte de las medidas de mitigación, se realizará el manejo de la flora exótica y exótica-invasora, tales como *Casuarina equisetifolia.* En caso de encontrarse, se derribará toda vegetación exótica y exótica-invasoras, será troceada y triturada, y los residuos serán dispuestos por un contratista certificado para su recolección y disposición final. | **PREVENCIÓN: P05** |
| FF24.- En las áreas verdes se emplearán plantas nativas y se restringirán aquellas que sean perjudiciales a esta flora. | | | | | Como parte del diseño arquitectónico del estacionamiento, se colocarán jardineras en el que se colocarán especies nativas de la zona, y que brinden de contribuciones ecosistémicas. Dicha paleta vegetal se encuentra disponible dentro del Capítulo I de la presente Manifestación de Impacto Ambiental. | **MITIGACIÓN: M09** |
| FF34.- En zonas donde exista la presencia de especies incluidas en la NOM ECOL-059-1994 (NOM-059-SEMARNAT-2010), deberán realizarse los estudios necesarios para determinar las estrategias que permitan minimizar el impacto negativo sobre las poblaciones de las especies aludidas en esta norma. | | | | | En el marco de los muestreos realizados dentro del Área del Proyecto (AP), se identificaron a las siguientes especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019):<br>**Flora:** *Thrinax radiata, Coccothrinax readii, Beaucarnea pliabilis y Roystonea regia.*<br>**Fauna:** *Amazona xantholora, Cathartes burrovianus, Dendroclincla anabatina, Melanoptla glabirostris, Ctenosaura similis y Leptophis mexicanus.*<br>Como parte de las medidas de control, prevención, mitigación o compensación por la afectación de especies e individuos incluidos en la NOM-059-SEMARNAT se realizará el rescate y reubicación de especies de flora silvestre y el ahuyentamiento, rescate y | **MITIGACIÓN: M06, M08**<br>**COMPENSACIÓN. C01** |

| CRITERIO DE REGULACIÓN Y SU DESCRIPCIÓN | UGA DE INCIDENCIA | | | | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | AH-3-4 | AN-5-5 | CN-4-2 | FF-4-3 | | |
| | | | | | reubicación de fauna silvestre, con mayor énfasis en especies en riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019), especies endémicas y de alto valor ecológico.<br>Además, se realizará la protección de nidos y madrigueras, se prohibirá la colecta, tráfico o daño a las especies de flora, especialmente si son endémicas o se encuentran en estatus de protección. Para la fauna se prohíbe la caza, colecta, tráfico de especies y/o cualquier otra actividad que perjudique de manera directa a las especies de fauna silvestre de la zona.<br>Adicionalmente, se implementarán acciones de restauración de los ecosistemas a través de una reforestación en una superficie de 1 ha, esto con la finalidad de promover la conectividad dentro de la Región Ecológica (RE), esto alineado al Programa Nacional de Restauración (DGRA).<br>Por último, se realizará el manejo de especies exóticas y exóticas-invasoras. | |
| MAE23.- La reforestación deberá realizarse con flora nativa. | | | | | Como parte de las medidas de compensación, se implementarán acciones de restauración de los ecosistemas a través de una reforestación en una superficie de 1 ha, esto con la finalidad de promover la conectividad dentro de la Región Ecológica (RE), esto alineado al Programa Nacional de Restauración (DGRA). Para ello, se emplearán exclusivamente especies nativas y de alto valor ecosistémico para el Parque Nacional Tulum.<br>Adicionalmente, el estacionamiento contará con una franja de vegetación de 10 m que permitirá el tránsito de la fauna. | **COMPENSACIÓN. C01** |
| MAE29.- Los proyectos a desarrollar deberán garantizar la conectividad de la vegetación natural entre predios colindantes para la movilización de fauna silvestre. | | | | | | |
| MAE49.- En las áreas verdes solo se permite sembrar especies de vegetación nativa. | | | | | Como parte del diseño arquitectónico del estacionamiento, se colocarán jardineras en el que se colocarán especies nativas de la zona, y que brinden de contribuciones ecosistémicas. Dicha paleta vegetal se encuentra disponible dentro del Capítulo I de la presente Manifestación de Impacto Ambiental. | **MITIGACIÓN: M09** |
| MAE52.- La reforestación en las áreas urbanas y turísticas deberá realizarse con flora nativa, o aquella tropical que no afecte a esta misma vegetación, que perjudique el desarrollo urbano y que sea acorde al paisaje caribeño. | | | | | Como parte de las medidas de compensación, se implementarán acciones de restauración de los ecosistemas a través de una reforestación en una superficie de 1 ha, esto con la finalidad de promover la conectividad dentro de la Región Ecológica (RE), esto alineado al Programa Nacional de Restauración (DGRA). Para ello, se emplearán exclusivamente especies nativas y de alto valor ecosistémico para el Parque Nacional Tulum. | **COMPENSACIÓN. C01** |
| MAE53.- Se prohíbe la utilización de fuego o productos químicos para la eliminación de la cobertura vegetal y/o quema de desechos vegetales producto del desmonte. | | | | | Como parte de las medidas de prevención y mitigación, quedará estrictamente prohibido el uso de fuego para el desmonte ni para la quema vegetales, puesto que estos serán dispuestos conforme al Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual dictará los protocolos para la minimización, separación, recolección y disposición de los residuos generados. Todos los residuos generados serán dispuestos por una empresa con las acreditaciones para su recolección y transporte, y serán enviados a un sitio autorizado para su disposición final. | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06.** |
| MAE6.- Se prohíbe el vertimiento de hidrocarburos y productos químicos no biodegradables. | | | | | Como parte de las medidas de prevención y mitigación, quedará estrictamente prohibido el vertimiento de hidrocarburos y productos químicos no biodegradables, puesto que estos serán dispuestos conforme al Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual dictará los protocolos para la minimización, separación, recolección y disposición de los residuos generados. Todos los residuos generados serán dispuestos por una empresa con las acreditaciones para su recolección y transporte, y serán enviados a un sitio autorizado para su disposición final. | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06.** |
| TU21.- En los casos en que las zonas aptas para el turismo colinden con algún área natural protegida, deberán establecerse zonas de amortiguamiento entre ambas, a partir del límite | | | | | Como parte del diseño constructivo, se dejarán en pie árboles a la entrada del acceso del estacionamiento, así como en la periferia de todo este estacionamiento que tendrá un ancho de 10 metros. Esta franja de vegetación fungirá como zona de amortiguamiento entre el ANP y el proyecto. | **MITIGACIÓN: M09** |

| CRITERIO DE REGULACIÓN Y SU DESCRIPCIÓN | UGA DE INCIDENCIA | | | | VINCULACIÓN CON EL PROYECTO | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | AH-3-4 | AN-5-5 | CN-4-2 | FF-4-3 | | |
| de área natural protegida hacia la zona de aprovechamiento. | | | | | | |
| TU40.- Se prohíbe dar alimento a la fauna silvestre. | | | | | Como parte del reglamento interno del proyecto, se indicará que queda explícitamente prohibido alimentar tanto a la fauna silvestre como a la feral. Estos temas serás sociabilizados a través de las pláticas de educación ambiental que serán impartidas como medida de prevención. | **PREVENCIÓN: P08** |

De acuerdo con el análisis a cada uno de los criterios ecológicos aplicables al Área del Proyecto (AP) se concluye que **no se contravienen y se pueden llevar a cabo las obras y actividades mencionadas en el capítulo I**; que componen el proyecto, por lo tanto, se permite el desarrollo de este siempre y cuando se dé cumplimiento a los criterios específicos del sector. Por ello, se concluye que **el presente PROYECTO NO CONTRAVIENE a las estrategias y lineamientos ecológicos establecidos en el Ordenamiento antes referido y analizado.**

Adicionalmente, se implementarán medidas de prevención, mitigación y compensación que se implementarán de manera conforme a lo indicado dentro del Capítulo IV, así como los indique la autoridad ambiental en caso de autorizar el presente proyecto.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

## II.2. DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

A continuación, se presenta el análisis de incidencia y cercanía del proyecto conforme al Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA).

### II.2.1. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Federales

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
**Vector de origen:** ANP Federal. CONANP.

De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en su artículo 3, fracción II, y retomando los criterios técnicos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), las Áreas Naturales Protegidas se definen como aquellas zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas.

Para la adecuada evaluación del proyecto, es fundamental considerar la presencia de Áreas Naturales Protegidas (ANP) en la región, ya que estas zonas están sujetas a regulaciones específicas para la conservación de la biodiversidad y el equilibrio ecológico. La vinculación del proyecto con las ANP implica analizar su ubicación en relación con estas áreas, evaluar posibles impactos ambientales y establecer medidas de prevención, mitigación o compensación que garanticen el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

De acuerdo con el artículo 46 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), las ANP son aquellas zonas donde los ambientes originales no han sufrido alteraciones significativas por actividades humanas o cuyos ecosistemas requieren preservación y restauración. Estas áreas están reguladas por la LGEEPA y otros marcos normativos aplicables, con el propósito de conservar ecosistemas representativos de las regiones biogeográficas del país y proteger su biodiversidad.

El establecimiento de ANP tiene como objetivo garantizar la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos, preservar la diversidad genética de las especies silvestres y fomentar el uso sostenible de los recursos naturales. Además, contribuyen a la protección de especies en riesgo, incluyendo aquellas en peligro de extinción, amenazadas, endémicas y sujetas a protección especial.

Las ANP desempeñan un papel clave en la estabilidad ambiental de su entorno, reduciendo perturbaciones, previniendo la erosión del suelo y asegurando la capacidad productiva de los ecosistemas. Asimismo, proporcionan beneficios como el mantenimiento del ciclo hidrológico, la conservación de flora y fauna, y la generación

de oportunidades para la investigación científica, el monitoreo ecológico y la educación ambiental. También representan un pilar para el desarrollo rural sustentable y actividades como el ecoturismo y la recreación (MacKinnon y MacKinnon, 1986).

En México, la protección de las Áreas Naturales Protegidas se lleva a cabo en tres niveles de gobierno:

- A **nivel federal**, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) administra diversas categorías de ANP, como reservas de la biosfera, parques nacionales, monumentos naturales, áreas de protección de flora y fauna, áreas de protección de recursos naturales y santuarios.

- A **nivel estatal**, los gobiernos de las entidades federativas pueden decretar ANP en función de sus necesidades de conservación y normatividad local.

- A **nivel municipal**, las autoridades pueden establecer áreas protegidas a través de esquemas de ordenamiento territorial y desarrollo urbano para preservar recursos naturales locales.

El Área del Proyecto (AP) **INCIDE** completamente dentro del **Parque Nacional Tulum.** Respecto a su subzonificación, incide sobre 74 $m^2$ (0.74 %) dentro de Uso Público Caminos de Ingreso y en 9,926 ha (99.26 %) dentro de la subzonificación de Preservación. A continuación, se presenta la vinculación con el **Parque Nacional Tulum.**

**Tabla II.8. Incidencia del Área del Proyecto (AP) dentro del Parque Nacional Tulum conforme al análisis SIGEIA (2026). Elaboración propia.**

| Subzonificación del Parque Nacional Tulum | Área de Proyecto (AP) | |
|---|---|---|
| | Incidencia ($m^2$) | Incidencia (%) |
| Uso Público Caminos de Ingreso | 74 | ----- |
| Preservación | 9,926 | ----- |

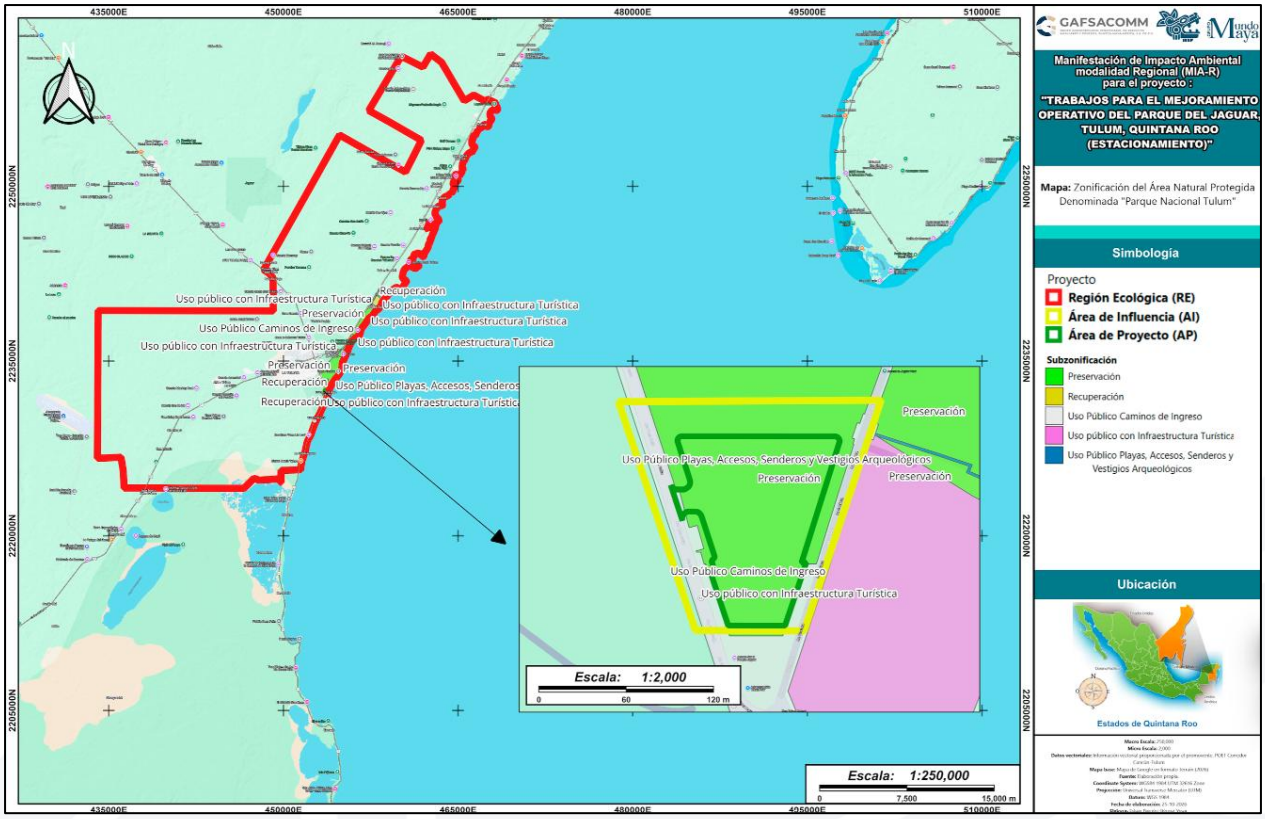



**Figura III.4. Ubicación del Área del Proyecto (AP) respecto al Área Natural Protegida denominada Parque Nacional Tulum. Elaboración propia.**

En la particularidad de los Parques Nacionales, se recurre al Artículo 50 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, con el objetivo de asegurar que el desarrollo del proyecto se ajuste a los principios propios de un parque nacional. Este artículo establece lo siguiente:

> *"Los parques nacionales se constituirán, tratándose de representaciones biogeográficas, a nivel nacional, de uno o más ecosistemas que se signifiquen por su belleza escénica, su valor científico, educativo, de recreo, su valor histórico, por la existencia de flora y fauna, por su aptitud para el desarrollo del turismo, o bien por otras razones análogas de interés general. En los parques nacionales sólo podrá permitirse la realización de actividades relacionadas con la protección de sus recursos naturales, el incremento de su flora y fauna y en general, con la preservación de los ecosistemas y de sus elementos, así como con la investigación, recreación, turismo y educación ecológicos."*

### II.2.1.1. Parque Nacional Tulum

**Fecha de decreto:** 23 de abril de 1981 (**https://dof.gob.mx/index.php?year=1981&month=4&day=23#gsc.tab=0**).
**Fecha de publicación del programa de manejo:** 12 de enero de 2024 ( https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5714256)

#### A) Antecedentes

Los días 23 y 30 de abril de 1981 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el "Decreto por el que, por causa de utilidad pública se declara parque nacional con el nombre de Tulum, una superficie de 664-32-13 Has, ubicada en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo" considerando para ello que, en el área de Tulum existen manglares de singular belleza, en cuyo interior se albergan diversas especies de flora y fauna características de la región, las cuales es conveniente proteger. Para la emisión del referido Decreto se consideró la facultad del Ejecutivo Federal para establecer Parques Nacionales para uso público en aquellas áreas que, por su ubicación, belleza, valor científico, educativo o recreacional, lo ameritaban, debiendo realizar las obras necesarias para su conservación y acondicionamiento en beneficio de la colectividad.

En el Artículo Segundo del Decreto se declara que es de utilidad pública la realización de las acciones y la ejecución de las obras que se requieran para el establecimiento, organización, administración y acondicionamiento del Parque Nacional Tulum, por lo que, para la realización de esos fines, se decretó la expropiación a favor del Gobierno Federal de los terrenos descritos en el Considerando Quinto del referido Decreto, de acuerdo con el plano elaborado por la entonces Dirección General de Organización y Obras de Parques Nacionales para la Recreación de la entonces Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

El 31 de julio y 31 de agosto de 1981, se publicó en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, el Decreto por el que se declara Parque Nacional con el nombre de Tulum, una superficie de 664-32-13 hectáreas, ubicada en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto (actualmente municipio de Tulum), Estado de Quintana Roo. El 08 de diciembre de 1993, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el "Decreto por el que se declara como Zona de Monumentos Arqueológicos el área conocida como Tulum – Tancah, ubicada en el municipio de Cozumel, Q. Roo, con el perímetro y las características que se señalan", actualmente es el municipio de Tulum, en el cual, haciendo referencia también al Decreto de creación del Parque Nacional Tulum, se determinó que para atender convenientemente la preservación del legado arqueológico que contiene el área de Tulum-Tancah, era necesario incorporarla al régimen de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos, la cual disponía que era de utilidad pública la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos y zonas de monumentos arqueológicos como parte integrante del patrimonio cultural de la Nación, por lo que, se declaró zona de monumentos arqueológicos el área conocida como Tulum-Tancah, ubicada en el municipio de Cozumel, Estado de Quintana Roo.

Cabe mencionar que el 19 de mayo de 2008, se publicó en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, el Decreto de creación del municipio de Tulum, el cual


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

entró en vigor el 29 de mayo del mismo año. Las funciones políticas y administrativas fueron asumidas por un Consejo Municipal Provisional que tomó protesta el 08 de junio de 2008 y que se extinguió el 10 de abril de 2009, cuando se instauró el Ayuntamiento correspondiente, por tal razón, actualmente la superficie donde se localiza el Parque Nacional Tulum pertenece a dicho municipio.

El **Objetivo General del Parque Nacional Tulum** es: Conservar, preservar y proteger las bellezas naturales y el equilibrio ecológico, así como recuperar los ecosistemas, su biodiversidad, los recursos naturales, servicios ambientales, y el patrimonio cultural del Parque Nacional Tulum, que permita el bienestar de la sociedad humana, promoviendo el uso sustentable, a través de un manejo y administración adecuados con la participación de los sectores gubernamentales y sociales involucrados. En tanto, como **Objetivos Específicos** se enlistan los siguientes:

- Preservar un área representativa de los ambientes costeros de la Riviera Maya, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos.
- Contribuir a la recuperación de esta área por su importancia ecológica, su valor científico, educativo y recreacional, así como por su belleza escénica.
- Proteger los manglares que albergan diversas especies de flora y fauna características de la región.
- Preservar los recursos hídricos presentes (particularmente los cenotes) por su importancia ecológica y servicios ecosistémicos, además de ser un acervo ligado a las tradiciones, ceremonias y leyendas del pueblo maya.
- Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres y asegurar la preservación de las especies en riesgo que se encuentran En peligro de extinción, Amenazadas y Sujetas a protección especial, así como las endémicas y prioritarias.

## B) Localización y límites

El Parque Nacional Tulum se localiza en el estado de Quintana Roo en el municipio de Tulum, entre los kilómetros 179 y 183 de la Carretera Federal número 307, aproximadamente a 130 km al sur de Cancún; de manera que este se encuentra dentro de la región turística costera denominada Riviera Maya, ocupando una superficie total de 664- 32-13 hectáreas. Colinda hacia el noroeste con la Carretera Federal 307; hacia el este y sur con la zona federal marítimo terrestre y con el Polígono I Riviera Maya, de la Subzona de Uso Público Riviera Maya y Mahahual del polígono de la RBCM; al suroeste con la avenida Cobá y la Fracción I del Fundo Legal Tulum; hacia el oeste con la Carretera Federal 307 y con terrenos de la Fracción I del Fundo legal Tulum.

Cabe mencionar que respecto al desplazamiento de la poligonal del Parque Nacional Tulum, en la Sentencia de la Controversia Constitucional 72/2008, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de julio de 2011, la Suprema Corte de Justicia de la Nación manifestó: "...aun cuando se advierte un desplazamiento de los polígonos hacia el Mar Caribe, la superficie y ubicación física de los mismos es la referida en los Decretos publicados en mil novecientos ochenta y uno y mil novecientos noventa y tres, respectivamente, pues, del contenido de estos Decretos, se desprende que fue intención del Ejecutivo Federal crear un Parque Nacional y declarar una Zona de Monumentos Arqueológicos dentro de la parte continental y no en el litoral quintanarroense".



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

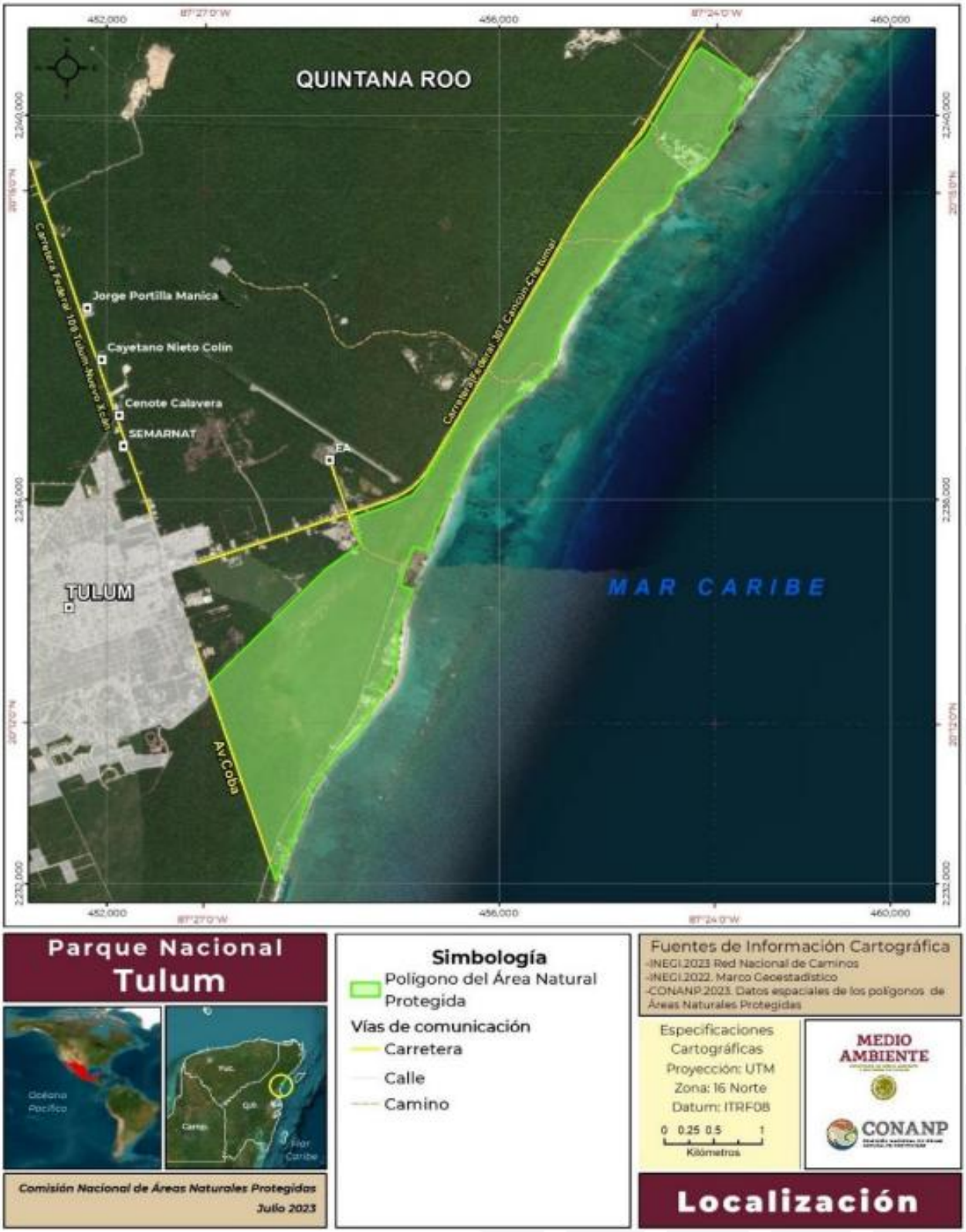



**Figura III.5. Localización del Polígono Protegido del PN Tulum. Tomado de CONANP (2024).**

## C) Subzonas y políticas de manejo

Con base en la misma formulación del Programa de Manejo, se definieron las siguientes 5 subzonas establecidas para el Parque Nacional Tulum son las que se describen a continuación:

I. Subzona de Preservación. Conformada por una superficie total de 545.939716 hectáreas, dividida en 19 polígonos.
**II.** Subzona de Uso Público Caminos de Ingreso. Conformada por una superficie de 7.477495 hectáreas, dividida en cinco polígonos.
**III.** Subzona de Uso Público Playas, Accesos, Senderos y Vestigios Arqueológicos. Conformada por una superficie de 2.343133 hectáreas, dividida en nueve polígonos.
**IV.** Subzona de Uso Público con Infraestructura Turística. Conformada por una superficie de 38.333020 hectáreas, dividida en 19 polígonos.
**V.** Subzona de Recuperación. Conformada por una superficie de 70.227936 hectáreas, dividida en 17 polígonos.

Como se mencionó anteriormente, el Área del Proyecto (AP) incide dentro de 2 de las 5 subzonas, siendo estas la de Uso Público Caminos de Ingreso en un 0.74 % y de Preservación en un 99.26 %. A continuación, se describen brevemente estas 2 subzonas.

- **Subzona de Preservación**

La subzona de Preservación es la de mayor extensión del Parque Nacional Tulum, cuenta con un total de 545.939716 hectáreas y se compone por 19 polígonos. En esta subzona se encuentran superficies de manglar, selva baja subcaducifolia y subperennifolia, ecotono de manglar y selva baja subperenifolia, palmar, matorral de dunas costeras y ecotono de manglar con palmar con un alto grado de conservación. Entre las especies arbóreas dominantes de las selvas se encuentran especies como el chechem negro (*Metopium brownei*), chicozapote (*Manilkara zapota*), chaká (*Bursera simaruba*), guarumbo (*Cecropia peltata*), ja'abin (*Piscidia piscipula*), palma nakás (*Coccothrinax readii*), palma chit (*Thrinax radiata*) y palma kuka (*Pseudophoenix sargentii*), estas últimas tres especies en categoría de amenazada de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010; cabe destacar también la presencia de algunas herbáceas como pool boox (*Anthurium schlechtendalii*). Por otro lado, en el manglar se presentan especies como mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle rojo (*Rhizophora mangle*), especies en categoría de "Amenazada" de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010; asimismo, en el matorral de duna costera se encuentran especies como la uva de mar (*Coccoloba uvifera*) y el pantzil (*Suriana maritima*).

Estos ecosistemas son relevantes tanto para el ciclo de nutrientes como para la captación de agua y su posterior infiltración a los cenotes y mantos acuíferos. Además, poseen valor estético y fungen como amortiguadores de perturbaciones por eventos naturales, por lo que funcionan como barrera contra huracanes y control de inundaciones. Asimismo, regulan la erosión, mejoran la calidad del agua al funcionar como filtro biológico, mantienen procesos naturales como la sedimentación y


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

respuestas a cambios en el nivel del mar, son zonas de anidación, alimentación, refugio y crianza de fauna silvestre. También son clave en la mitigación del cambio climático, debido a que contribuyen al secuestro de carbono, especialmente los manglares al ser ecosistemas costeros tienen una gran capacidad de captar y almacenar $CO_2$ en forma de carbono orgánico, el denominado carbono azul, el cual tiene una tasa anual de captura de dos a cuatro veces mayor que los bosques tropicales (SEMARNAT, 2017). Asimismo, el mantenimiento de la vegetación en buen estado de conservación permite la adaptación ante el cambio climático a través de la regulación del clima, el amortiguamiento ante sequías, inundaciones, ondas cálidas y ciclones tropicales, lo cual es sumamente relevante teniendo en consideración el alto grado de vulnerabilidad y peligro que presenta el municipio de Tulum ante estos eventos. Esto a su vez permite conservar la presencia y distribución de especies de flora y fauna con mayor susceptibilidad a cambios significativos de temperatura y precipitación.

Los ecosistemas antes mencionados son hábitats de especies de fauna silvestre, entre las que destacan felinos como el jaguar (*Panthera onca*), el ocelote (*Leopardus pardalis*), el tigrillo (*Leopardus wiedii*), así como el yaguarundí (*Herpailurus yagouaroundi*), los tres primeros En peligro de extinción y el último en categoría de Amenazada de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. De igual manera, existen otros mamíferos como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), temazate pardo de Yucatán (*Mazama pandora*) y el pecarí de collar (*Dicotyles crassus*). Los mamíferos medianos y pequeños más comunes son el mapache (*Procyon lotor*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el coatí (*Nasua narica*), el sereque (*Dasyprocta punctata*) y el tepezcuintle (*Cuniculus paca*). También se encuentran gran número de aves, algunas en categoría de riesgo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana antes referida, tales como perico pecho sucio (*Eupsittula nana*), en la categoría de Sujeta a protección especial, así como el loro yucateco (*Amazona xantholora*) y tucán pico canoa (*Ramphastos sulfuratus*), ambas en categoría de Amenazada. En cuanto a especies de reptiles y anfibios, se encuentran la culebra perico mexicana (*Leptophis mexicanus*), nauyaca nariz de cerdo yucateca (*Porthidium yucatanicum*) y la rana ladrona yucateca (*Craugastor yucatanensis*). Cabe destacar que estas tres especies se encuentran incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, y que las dos últimas son endémicas de la Península de Yucatán. De igual manera, esta subzona comprende diversos cenotes, los cuales se encuentran ligados a las tradiciones, ceremonias y leyendas del pueblo maya, y que en conjunto con la red hidrológica subterránea que se extiende bajo esta subzona, forman parte de la Región Hidrológica Prioritaria número 107 determinada por la CONABIO, la cual aporta la mayor cantidad de agua dulce hacia el mar, en virtud de la gran cantidad de ríos subterráneos y cenotes existentes en la Península de Yucatán.

De los **19 polígonos** que conforman a esta subzona, el AP incide solamente dentro del **Polígono 11 Tulum,** el cual se describe a continuación:

Este polígono representa la mayor superficie de la presente subzona con una extensión de 290.793323 hectáreas. Presenta una gran variedad de tipos de vegetación como la selva baja subcaducifolia, el manglar, ecotono entre estos dos tipos de vegetación, así como selva baja subperennifolia. En este polígono se encuentran especies prioritarias para la conservación en México, como el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) y el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), que además son especies que se encuentran en la categoría de Amenazada conforme a la NOM-059-

SEMARNAT-2010. También se encuentra la sapindácea chéen peek' (*Serjania yucatanensis*), que es una especie endémica de la PBPY, y la especie endémica de México la lagartija escamosa de Cozumel (*Sceloporus cozumelae*), la cual se encuentra en la categoría de Sujeta a protección especial de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Otras especies registradas al interior del polígono catalogadas en la NOM-059- SEMARNAT-2010 son la garza tigre mexicana (*Tigrisoma mexicanum*), el zopilote sabanero (*Cathartes burrovianus*), el loro frente blanca (*Amazona albifrons*), el verdillo gris (*Pachysylvia decurtata*) y la culebra labios blancos maya (*Symphimus mayae*), las cuales se encuentran en la categoría de Sujeta a protección especial. También se presenta el guajolote ocelado (*Meleagris ocellata*), el tucán pico canoa (*Ramphastos sulfuratus*), la boa (*Boa imperator*) y la cuija yucateca (*Coleonyx elegans*), todas catalogadas como especies Amenazadas según la norma mencionada anteriormente.

- **Subzona de Uso Público Caminos de Ingreso**

Esta subzona comprende una superficie de 7.477495 hectáreas, se encuentra contenida en cinco polígonos que se localizan en la porción norte, centro y sureste del Parque Nacional Tulum. De los **5 polígonos** que conforman esta subzona, el AP se ubica solamente del **Polígono 3 Acceso,** el cual se describe a continuación:

Este polígono comprende una superficie de 6.631398 hectáreas. Este polígono contempla los accesos y caminos reconocidos y pavimentados que cruzan el Parque Nacional Tulum en dirección centro-sur, así como el puente de conexión entre el Parque Nacional Tulum y el Área de Protección de Flora y Fauna Jaguar. El acceso centro del Parque conduce a la Zona de Monumentos Arqueológicos Tulum mediante un camino pavimentado que da acceso a los visitantes a pie, en vehículos motorizados o por medio de un camión tipo tren. El acceso sur corresponde al camino La Costera que es utilizado por los visitantes para salir del Parque Nacional Tulum e incorporarse a la Av. Coba. Este polígono comprende infraestructura del INAH para apoyo de los visitantes, tales como baños públicos, librería, planta de tratamiento y dos casetas de control. De acuerdo con el INAH y la Dirección de Turismo del Municipio de Tulum, por estos caminos acceden aproximadamente un total de 1.3 millones de visitantes al año que ingresan a la Zona Arqueológica Amurallada. También, integra el puente de conexión que conecta la porción centro del Parque Nacional Tulum con la porción sur del polígono dos que corresponde a la zona de amortiguamiento del APFF Jaguar, considera infraestructura de apoyo al turismo de bajo impacto ambiental.

En este polígono, sobre todo alrededor de los caminos, se presenta vegetación de selvas bajas subperennifolias y subcaducifolias, con presencia de nopales (*Opuntia stricta*), chicozapote (*Manilkara zapota*), el uzté (*Malpighia emarginata*), el chaká (*Bursera simaruba*), entre otras especies. También se registra la presencia de garza rojiza (*Egretta rufescens*) que está En peligro de extinción de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT2010; el aguililla negra menor (Buteogallus anthracinus), el aguililla negra mayor (*Buteogallus urubitinga*), el maullador negro (*Melanoptila glabrirostris*) y la mariposa monarca (*Danaus plexippus*), las cuales están Sujetas a protección especial; la paloma corona blanca (*Patagioenas leucocephala*) y el guajolote ocelado (*Meleagris ocellata*), que corresponden a especies Amenazadas, así como la mariposa alas de daga café (*Marpesia chiron*) y el coatí (*Nasua narica*).

## D) Vinculación con las Reglas Administrativas del Programa de Manejo

A continuación, se presenta la vinculación con las Reglas Administrativas aplicables conforme a lo previsto por la **REGLA 65 y 66,** en el marco de este proyecto, esto con la finalidad de demostrar la viabilidad del mismo:

**REGLA 4.** *Todos los usuarios y visitantes deberán recoger y llevar consigo los residuos sólidos generados durante el desarrollo de sus actividades, y depositarlos fuera del Parque Nacional Tulum, en los sitios destinados para tal efecto por las autoridades competentes.*

*Es responsabilidad de los prestadores de todo tipo de servicios y de aquellas personas que realicen actividades permitidas dentro del Área Natural Protegida emplear solamente contenedores, recipientes, envases o utensilios que sean reutilizables o biodegradables.*

**VINCULACIÓN:** Como parte de las medidas de prevención, mitigación y compensación diseñadas en el marco de este proyecto, se implementará un *Programa de Manejo Integral de Residuos* que tendrá la finalidad de realizar la correcta disposición de los residuos generados. Estos serán focalizados dentro de sus almacenes temporales, y serán dispuestos por un contratista acreditado en materia de manejo de residuos. Además, se realizarán capacitaciones en donde se señalará la importancia de la correcta gestión de los residuos, así como su impacto dentro del Parque Nacional Tulum.

**REGLA 13.** *Las personas responsables de cualquier vehículo que ingrese y salga del ANP deberán cerciorarse de que en los mismos no se trasladen o introduzcan especies exóticas, incluyendo invasoras, o que se tornen perjudiciales para el Parque Nacional Tulum, así como asegurarse que, al momento de abandonar el Área Natural Protegida no se traslade fauna nativa o endémica.*

**VINCULACIÓN:** Como parte de las medidas de prevención, mitigación y compensación diseñadas en el marco de este proyecto, se implementarán pláticas sobre el daño a los ecosistemas de relevancia para la conservación, como lo es el Parque Nacional Tulum, respecto a la introducción de especies exóticas y exóticas-invasoras, así como las consecuencias legales de realizar estas acciones, las cuales estarán prohibidas dentro del reglamento interno de trabajo. Asimismo, se realizarán pláticas respecto a las prohibiciones sobre el tráfico ilegal de especies de flora y fauna, así como las sanciones a las que serán acreedores los trabajadores que sean sorprendidos realizando este delito.

**REGLA 14.** *Con la finalidad de evitar la introducción de especies exóticas que puedan afectar la integridad ecológica de los ecosistemas y el desplazamiento de las especies nativas y endémicas, toda intervención para la restauración, repoblación de los ecosistemas en áreas degradadas, deberá realizarse siempre con especies nativas del Parque Nacional Tulum, en su caso, especies compatibles con el*

*funcionamiento y la estructura de los ecosistemas originales cuando científicamente se compruebe que no se afecta la evolución y continuidad de los procesos naturales.*

**VINCULACIÓN:** Como parte de las medidas de prevención, mitigación y compensación diseñadas en el marco de este proyecto, se implementará un *Programa de Reforestación* que tendrá la finalidad de recuperar un sitio degradado dentro del Parque Nacional Tulum, en el cual se utilizarán especies nativas al Área Natural Protegida, y correspondientes al ecosistema específico que se pretenderá restaurar. Asimismo, las acciones correspondientes al rescate y reubicación de la flora silvestre, esta será reubicada dentro del Parque Nacional Tulum.

**REGLA 18**. *La Dirección estará facultada para modificar eventualmente el horario oficial ante situaciones imponderables u otras que obedezcan a la planificación de actividades necesarias para facilitar la visitación, la operación, la conservación o para mejorar el funcionamiento del Área Natural Protegida.*

**VINCULACIÓN:** Se presentará a la Dirección del Parque Nacional Tulum los horarios de trabajo previstos para la ejecución del proyecto en evaluación, puesto que dicha obra de es Utilidad Pública para la visitación del parque puesto que dentro de sus objetivos se destaca el contar con un turismo responsable al brindar un espacio para el estacionamiento de los vehículos, además de que contará con espacios para personas con capacidades motrices diferentes, y así presentar un turismo inclusivo. También será de vital importancia para el arribo de vehículos de protección civil en caso de presentarse una eventualidad, para la rápida ejecución de las acciones de trabajo relativas al Parque Nacional Tulum.

**REGLA 20**. *Se requerirá de autorización de la SEMARNAT, por conducto de la CONANP y de conformidad con la subzonificación del presente instrumento para la realización de las siguientes actividades dentro del Parque Nacional Tulum:*

***I.*** ***Actividades turístico-recreativas en todas sus modalidades;***
*II.* *Filmaciones, actividades de fotografía, captura de imágenes o sonido con fines comerciales, y*
*III.* *Actividades comerciales.*

**VINCULACIÓN:** Como cumplimiento a esta Regla Administrativa, se presenta la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional con la finalidad de presentar todos los aspectos técnicos-constructivos, viabilidad ambiental y medidas de prevención, mitigación y compensación necesarias para no provocar un desequilibrio ecológico en caso de ser autorizado. Este proyecto se engloba dentro de la fracción I de esta regla puesto que los objetivos principales para este estacionamiento son contar con un turismo responsable al brindar un espacio para el estacionamiento de los vehículos, además de que contará con espacios para personas con capacidades motrices diferentes, y así presentar un turismo inclusivo. También será de vital importancia para el arribo de vehículos de protección civil en caso de presentarse una eventualidad, para la rápida ejecución de las acciones de trabajo relativas al Parque Nacional Tulum.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

Este proyecto se ajusta al "Plan Tulum Renace" (publicación en el DOF https://dof.gob.mx/nota_to_pdf.php?fecha=17/07/2026&edicion=VES) en el cual se La Presidenta, anunció la publicación en el Diario Oficial de la Federación (DOF) del Plan Tulum Renace, que contempla entrada gratuita al Parque del Jaguar, así como nuevas tarifas para el acceso a la Zona Arqueológica y al Área Natural Protegida. Los 10 puntos estratégicos son los siguientes, y en donde el proyecto se ajusta correctamente con el 6, 7 y 8:

1. Entrada gratuita al Parque del Jaguar para visitantes nacionales.
2. Se reduce el costo de las tarifas de manera histórica por parte del INAH y de la CONANP: 80 pesos para visitantes nacionales y gratuito en domingo; mientras que para visitantes extranjeros el costo será de 265 pesos.
3. Se establecerá un sistema de movilidad eléctrica dentro del Parque del Jaguar como un servicio para todas y todos los usuarios.
4. Implementación con la Guardia Nacional de un modelo de atención y cuidado al turista.
5. Implementación del plan de profesionalización y certificación para prestadores de servicios turísticos, para que la calidad y la narrativa sea la mejor para los visitantes.
6. **Construcción de un estacionamiento en el acceso sur.**
7. **Implementación de un plan de ordenamiento y mejoras de servicios públicos para el pueblo de Tulum.**
8. **Creación de un nuevo sistema de transporte público, que cambiará la movilidad y la experiencia en Tulum.**
9. Se realizará una campaña de promoción que seguirá de manera constante y permanente con una narrativa de lo que es la riqueza de nuestra gente, de la gastronomía y de todos los productos turísticos.
10. Implementación de un programa integral para la atracción de nuevas rutas aéreas y el impulso a la conectividad entre el aeropuerto y el centro de Tulum para que con ello se continúe conectando al destino con el mundo entero.

**REGLA 24**. *Se requerirá autorización, en su caso, por parte de la SEMARNAT y demás autoridades competentes a través de sus distintas unidades administrativas, para la realización de las siguientes actividades, en términos de lo dispuesto por el "Decreto por el que, por causa de utilidad pública se declara parque nacional con el nombre de Tulum , una superficie de 664-32-13 Has., ubicada en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo" y demás disposiciones legales aplicables:*

*I. Colecta de ejemplares, partes y derivados de vida silvestre;*
*II. Colecta de recursos biológicos y genéticos forestales, así como de germoplasma forestal;*
***III. Obras y actividades que en materia de impacto ambiental requieran autorización, y***
*IV. Para el manejo, control y remediación de problemas asociados a ejemplares o poblaciones que se tornen perjudiciales.*


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

**VINCULACIÓN:** Como cumplimiento a esta Regla Administrativa, se presenta la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional con la finalidad de presentar todos los aspectos técnicos-constructivos, viabilidad ambiental y medidas de prevención, mitigación y compensación necesarias para no provocar un desequilibrio ecológico en caso de ser autorizado. Este proyecto se engloba dentro de la fracción III de esta regla puesto que los objetivos principales para este estacionamiento son contar con un turismo responsable al brindar un espacio para el estacionamiento de los vehículos, además de que contará con espacios para personas con capacidades motrices diferentes, y así presentar un turismo inclusivo. También será de vital importancia para el arribo de vehículos de protección civil en caso de presentarse una eventualidad, para la rápida ejecución de las acciones de trabajo relativas al Parque Nacional Tulum.

Este proyecto se ajusta al "Plan Tulum Renace" (publicación en el DOF https://dof.gob.mx/nota_to_pdf.php?fecha=17/07/2026&edicion=VES) en el cual se La Presidenta, anunció la publicación en el Diario Oficial de la Federación (DOF) del Plan Tulum Renace, que contempla entrada gratuita al Parque del Jaguar, así como nuevas tarifas para el acceso a la Zona Arqueológica y al Área Natural Protegida. Los 10 puntos estratégicos son los siguientes, y en donde el proyecto se ajusta correctamente con el 6, 7 y 8:

1. Entrada gratuita al Parque del Jaguar para visitantes nacionales.
2. Se reduce el costo de las tarifas de manera histórica por parte del INAH y de la CONANP: 80 pesos para visitantes nacionales y gratuito en domingo; mientras que para visitantes extranjeros el costo será de 265 pesos.
3. Se establecerá un sistema de movilidad eléctrica dentro del Parque del Jaguar como un servicio para todas y todos los usuarios.
4. Implementación con la Guardia Nacional de un modelo de atención y cuidado al turista.
5. Implementación del plan de profesionalización y certificación para prestadores de servicios turísticos, para que la calidad y la narrativa sea la mejor para los visitantes.
6. **Construcción de un estacionamiento en el acceso sur.**
7. **Implementación de un plan de ordenamiento y mejoras de servicios públicos para el pueblo de Tulum.**
8. **Creación de un nuevo sistema de transporte público, que cambiará la movilidad y la experiencia en Tulum.**
9. Se realizará una campaña de promoción que seguirá de manera constante y permanente con una narrativa de lo que es la riqueza de nuestra gente, de la gastronomía y de todos los productos turísticos.
10. Implementación de un programa integral para la atracción de nuevas rutas aéreas y el impulso a la conectividad entre el aeropuerto y el centro de Tulum para que con ello se continúe conectando al destino con el mundo entero.

**REGLA 46**. *La instalación o la construcción de infraestructura en las subzonas que así lo permitan, será de bajo impacto ambiental, preferentemente piloteada, acorde con el entorno natural del Parque Nacional Tulum empleando preferentemente ecotecnias, materiales tradicionales de construcción propios de la región, así como*

*diseños que no destruyan ni modifiquen el paisaje ni los recursos naturales, sin remover la vegetación, y que no interrumpa el flujo hidrológico, evitando la dispersión de residuos y cualquier perturbación de áreas adyacentes, asimismo deberá contemplar pasos de fauna y cumplir con las disposiciones legales aplicables en la materia.*

**VINCULACIÓN:** Como cumplimiento a esta Regla Administrativa, se presenta la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional con la finalidad de presentar todos los aspectos técnicos-constructivos, viabilidad ambiental y medidas de prevención, mitigación y compensación necesarias para no provocar un desequilibrio ecológico en caso de ser autorizado.

Como ya se mencionó anteriormente, este proyecto incide dentro de la Subzona de Uso Público Caminos de Ingreso, dentro del listado de ***Actividades Permitidas*** de la página 140 del Programa de Manejo, se permite la ejecución del proyecto a través de la ***Actividad Permitida 7. Instalación o construcción de obra pública, preferentemente piloteada, exclusivamente para el apoyo de la investigación científica, monitoreo ambiental, turismo de bajo impacto ambiental, manejo y administración del Parque Nacional Tulum,*** en donde este estacionamiento calza perfectamente con coadyuvar al manejo y administración del PN Tulum puesto que tiene como objetivos principales para este estacionamiento son contar con un turismo responsable al brindar un espacio para el estacionamiento de los vehículos, además de que contará con espacios para personas con capacidades motrices diferentes, y así presentar un turismo inclusivo. También será de vital importancia para el arribo de vehículos de protección civil en caso de presentarse una eventualidad, para la rápida ejecución de las acciones de trabajo relativas al Parque Nacional Tulum. En tanto, las especificaciones del proyecto dentro del Capítulo I señalan los materiales permeables que permitirán la correcta infiltración del agua, así como de luminarias que no afectarán a la fauna silvestre, así como paneles solares para la generación de energías limpias.

Para el caso de la incidencia dentro de la Subzona de Preservación, dentro del listado de ***Actividades Permitidas*** de la página 135-137 del Programa de Manejo, si bien no se mencionan actividades relativas a la naturaleza del proyecto, dentro del apartado de ***Actividades No Permitidas,*** específicamente para la ***Actividad No Permitida 18*** se indica que no se permite la ***Instalación o construcción de infraestructura, salvo la necesaria para la operación del Parque Nacional Tulum*** por lo que bajo esta cláusula de exclusión, como se ha comentado antes, este estacionamiento de suma importancia para la operación dentro de este Parque Nacional.

Además, este proyecto se ajusta al "Plan Tulum Renace" (publicación en el DOF https://dof.gob.mx/nota_to_pdf.php?fecha=17/07/2026&edicion=VES) en el cual se La Presidenta, anunció la publicación en el Diario Oficial de la Federación (DOF) del Plan Tulum Renace, que contempla entrada gratuita al Parque del Jaguar, así como nuevas tarifas para el acceso a la Zona Arqueológica y al Área Natural Protegida. Los 10 puntos estratégicos son los siguientes, y en donde el proyecto se ajusta correctamente con el 6, 7 y 8:



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

1. Entrada gratuita al Parque del Jaguar para visitantes nacionales.
2. Se reduce el costo de las tarifas de manera histórica por parte del INAH y de la CONANP: 80 pesos para visitantes nacionales y gratuito en domingo; mientras que para visitantes extranjeros el costo será de 265 pesos.
3. Se establecerá un sistema de movilidad eléctrica dentro del Parque del Jaguar como un servicio para todas y todos los usuarios.
4. Implementación con la Guardia Nacional de un modelo de atención y cuidado al turista.
5. Implementación del plan de profesionalización y certificación para prestadores de servicios turísticos, para que la calidad y la narrativa sea la mejor para los visitantes.
6. **Construcción de un estacionamiento en el acceso sur.**
7. **Implementación de un plan de ordenamiento y mejoras de servicios públicos para el pueblo de Tulum.**
8. **Creación de un nuevo sistema de transporte público, que cambiará la movilidad y la experiencia en Tulum.**
9. Se realizará una campaña de promoción que seguirá de manera constante y permanente con una narrativa de lo que es la riqueza de nuestra gente, de la gastronomía y de todos los productos turísticos.
10. Implementación de un programa integral para la atracción de nuevas rutas aéreas y el impulso a la conectividad entre el aeropuerto y el centro de Tulum para que con ello se continúe conectando al destino con el mundo entero.

**REGLA 67**. *En el Parque Nacional Tulum queda prohibido:*

*I. Abrir bancos de material y extraer materiales para la construcción;*
***II. Acosar, molestar, dañar de cualquier forma a las especies de vida silvestre;***
***III. Alterar el paisaje natural;***
***IV. Alterar o destruir por cualquier medio o acción los sitios de alimentación, anidación, refugio o reproducción de la vida silvestre;***
***V. Alterar o modificar con obstáculos los movimientos de la fauna silvestre; así como, alterar por cualquier medio acústico, luminoso, químico, físico o mecánico, sus sitios de alimentación, reproducción, anidación y refugio;***
*VI. Arrojar, verter o descargar cualquier tipo de desechos orgánicos (incluido el sargazo), residuos sólidos o líquidos o cualquier otro tipo de contaminante, herbicidas tales como el glifosato, insecticidas, fungicidas y pesticidas, entre otros, al suelo o en cualquier clase de cauce, vaso o acuífero;*
***VII. Cambiar el uso del suelo, salvo para el caso de obras públicas de la administración y manejo del Parque Nacional Tulum y el acondicionamiento en beneficio de la colectividad;***
*VIII. Construir muelles o embarcaderos;*
*IX. Construir o establecer sitios de disposición final de residuos, así como de materiales y sustancias peligrosas;*
***X. Cortar y/o talar árboles;***
*XI. Destruir o modificar las bardas perimetrales y los pasos de fauna;*
*XII. Establecer sitios de disposición final de sargazo;*
***XIII. Evitar usar radios u otros equipos de sonido que alteren el comportamiento de la fauna;***
*XIV. Extraer, remover vestigios, partes y/o piezas de los monumentos arqueológicos;*
*XV. Hacer uso del fuego o fogatas y pirotecnia;*


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

*XVI. Interrumpir, rellenar, desecar o desviar flujos hídricos;*

***XVII. Introducir ejemplares o poblaciones exóticas, exóticas invasoras o que se tornen perjudiciales para la vida silvestre, así como organismos genéticamente modificados;***

*XVIII. Marcar, pintar o grafitear, árboles, paredes, muebles, edificios, anuncios, rocas y todo tipo de instalaciones del Parque Nacional Tulum;*

*XIX. Marcar, pintar, dañar o alterar de cualquier forma los monumentos arqueológicos;*

*XX. Modificar el entorno natural donde se ubican vestigios arqueológicos;*

***XXI. Molestar, capturar, remover, extraer, retener o apropiarse de ejemplares, nidos, huevos, plumas, productos, partes y derivados de las especies de vida silvestre;***

*XXII. Pernoctar fuera de los sitios establecidos para ello;*

*XXIII. Realizar actividades cinegéticas, acuacultura o explotación y aprovechamiento extractivo de especies de flora y fauna silvestres, salvo colecta científica;*

*XXIV. Realizar actividades comerciales ambulantes;*

*XXV. Realizar cualquier tipo de aprovechamiento de recursos forestales;*

*XXVI. Realizar eventos masivos deportivos y recreativos tales como conciertos, raves, entre otros, que generen vibraciones y emisiones de luz y sonidos, que puedan perturbar a los ecosistemas;*

*XXVII. Realizar obras y trabajos de exploración, explotación y beneficio de los minerales o sustancias, a que se refiere la Ley de Minería;*

***XXVIII. Tirar o abandonar residuos fuera de los sitios autorizados para tal efecto;***

*XXIX. Usar explosivos, y*

*XXX. Usar lámparas o cualquier fuente de luz para observación de la vida silvestre, con fines recreativos.*

**VINCULACIÓN:**

Asimismo, se implementará una serie de medidas de prevención, mitigación y compensación con la finalidad de no provocar un desequilibrio ecológico dentro de la RE ni del Parque Nacional Tulum, las cuales se enuncian a continuación.

Por ello, la ejecución de este proyecto se considera viable siempre y cuando se someta a las condicionantes de mitigación ambiental, compensación y dictaminación que la Secretaría (SEMARNAT) en sintonía con las disposiciones de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

En ese sentido, se concluye que refiriendo a todo el marco técnico-jurídico ambiental expuesto dentro de esta sección, el proyecto es viable dentro de este Parque Nacional siempre y cuando se implementen las medidas de prevención, mitigación, y sobre todo, de compensación, alineadas con el objetivo de preservación de esta ANP en comento, en donde se cumplirá el principio no regresión y progresividad ambiental ni un desequilibrio ecológico. A continuación, se enlistan las medidas de prevención, mitigación y compensación aplicables a este proyecto.

**Tabla II.9. Nombre y descripción de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración dentro del Parque Nacional Tulum. Elaboración propia.**

| CLAVE | MEDIDAS DE MITIGACIÓN |
|---|---|
| **P01** | Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada. |
| **P02** | Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo. |
| **P03** | Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra. |
| **P04** | Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP). |
| **P05** | Manejo integral de residuos generados en la obra. |
| **P06** | Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo. |
| **P07** | Monitoreo de calidad del agua en pozo o norias cercanas al proyecto |
| **P08** | Acciones de capacitación y educación ambiental para el personal. |
| **M01** | Retiro de material excedente y reconformación topográfica. |
| **M02** | Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal. |
| **M03** | Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales. |
| **M04** | Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo |
| **M05** | Uso de lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales. |
| **M06** | Acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre. |
| **M07** | Construcción, y mantenimiento de obras de drenaje longitudinal |
| **M08** | Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre. |
| **M09** | Franjas y jardineras de infiltración con vegetación natural nativa dentro del estacionamiento |
| **C01** | Compensación ambiental mediante Reforestación de especies nativas en 1 hectárea |

Estas acciones de reforestación y conservación de suelos superan a la superficie de afectación del proyecto, en donde en términos de equivalencia, se afectarán áreas altamente degradadas en una superficie de 1 ha (pero sin demeritar sus servicios ecosistémicos ni importancia del rescate de la flora y la fauna que allí se pudiera encontrar), y se restaurarán sitios que requieren acciones activas para la recuperación de ecosistemas en una superficie de 1 ha dentro de la subzonificación de Restauración, en donde se asegurará que estas acciones perduren y coadyuven a la recuperación de este Parque Nacional; se involucrará a las comunidades dentro del ANP para lograr una economía circular en lo que respecta a la implementación de estas medidas de compensación. Todas las medidas destinadas dentro del Área del Proyecto (AP) pueden consultarse dentro del Capítulo IV del presente manifiesto.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

En el caso de la RE está incide dentro de 4 ANP´s de carácter federal las cuales corresponden a Arrecifes de Sian Ka'an, Caribe Mexicano, Tulum y Jaguar, mientras que el AP únicamente presenta incidencia en su totalidad con la ANP de carácter federal Tulum.

**Tabla II.10. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas Federales conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Áreas Naturales Protegidas Federales | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia (m²) | Cercanía (m) | Incidencia (m²) | Cercanía (m) |
| Arrecifes de Sian Ka'an | ----- | 6,598 | 40,311 | ----- |
| Caribe Mexicano | ----- | 145 | 676,042 | ----- |
| Tulum | 10,000 | | 6,642,956 | ----- |
| Jaguar | ----- | 3,677 | 2,826,700 | ----- |

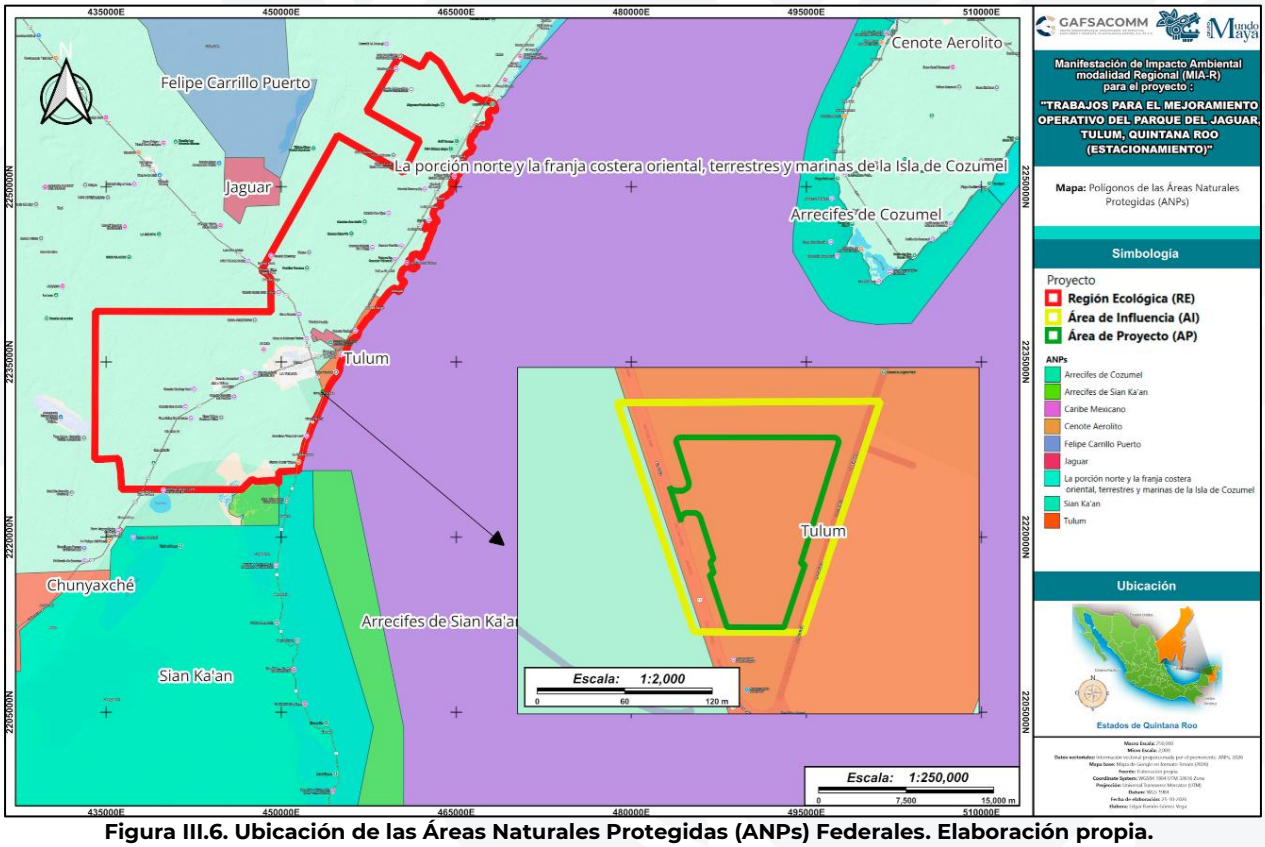



**Figura III.6. Ubicación de las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Federales. Elaboración propia.**

## II.2.2. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Estatales y Municipales

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
**Vector de origen:** ANP Estatal. CONANP.

En lo que respecta a la RE está incide dentro de Áreas naturales protegidas de carácter estatal que corresponden al Santuario de la Santuario de la Tortuga Marina Xcacel - Xcacelito (Marino) y (Terrestre), mientras que en el AP **NO INCIDEN** ANP´S de carácter estatal. Tanto la Región ecológica (RE) como el Área de proyecto (AP) **NO INCIDEN** dentro de alguna ANP de carácter Municipal, las que se encuentran más cercanas son a distancias mucho mayores a 10,000 m.

**Tabla II.11. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas Estatales conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Áreas Naturales Protegidas Estatales | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) |
| Santuario de la Tortuga Marina Xcacel - Xcacelito (Marino) | ----- | >10,000 | 48,323 | |
| Santuario de la Tortuga Marina Xcacel - Xcacelito (Terrestre) | ----- | >10,000 | 152,890 | |

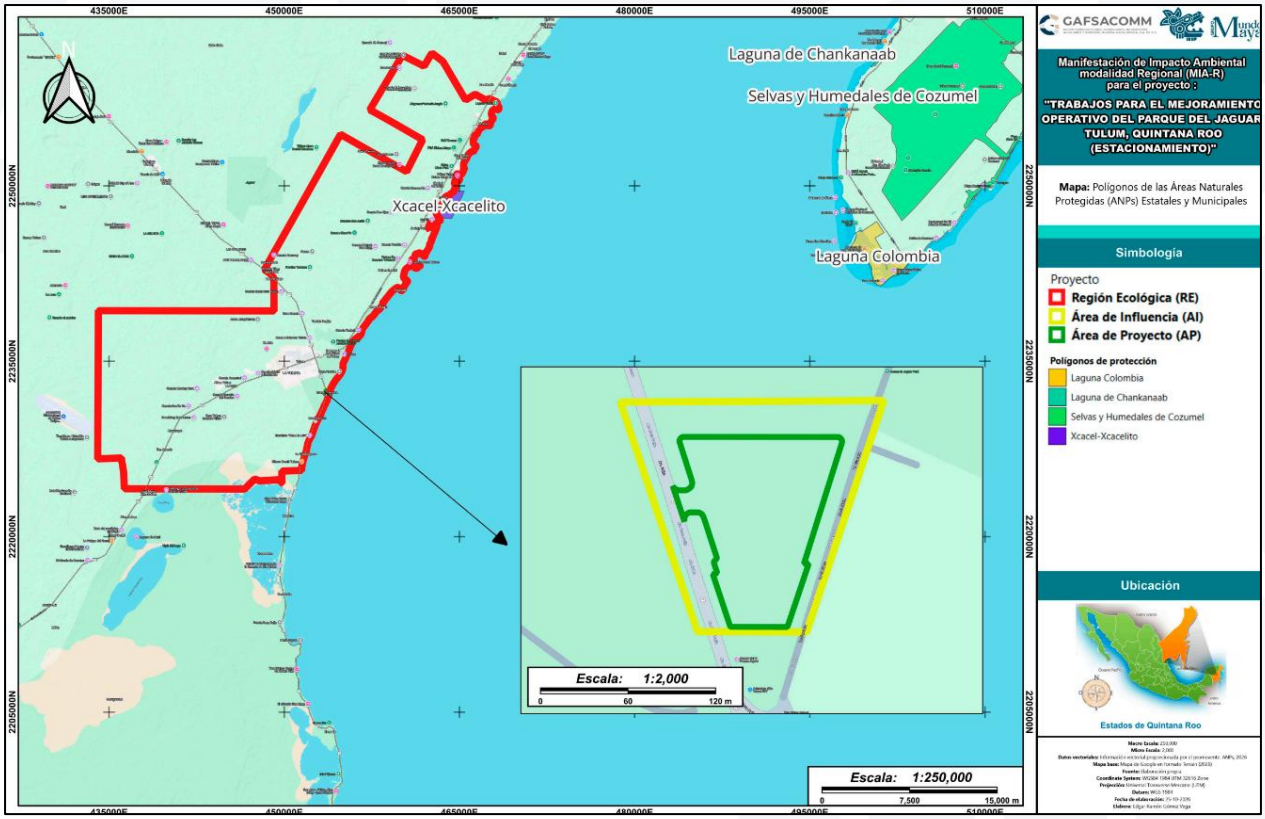



**Figura III.7. Ubicación de las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Estatales y Municipales. Elaboración propia.**

## II.2.3. Áreas Destinadas Voluntariamente para la Conservación (ADVCs)

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
**Vector de origen:** ADVC. CONANP.

Tanto la Región Ecológica (RE) como el Área del Proyecto (AP) **NO INCIDEN** dentro de alguna ADVC. Sin embargo, la más cercana se encuentra a una distancia de 2,025 m para la (RE) Y mayor a los 10,000 m para el AP y corresponde a la ADVC de Territorio Ancestral Indígena Tzucan Uxuxubi.

**Tabla II.12. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a ADVCs conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Áreas Destinadas Voluntariamente para la Conservación (ADVCs) | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia (m²) | Cercanía (m) | Incidencia (m²) | Cercanía (m) |
| Territorio Ancestral Indígena Tzucan Uxuxubi | ----- | >10,000 | ----- | 2,025 |

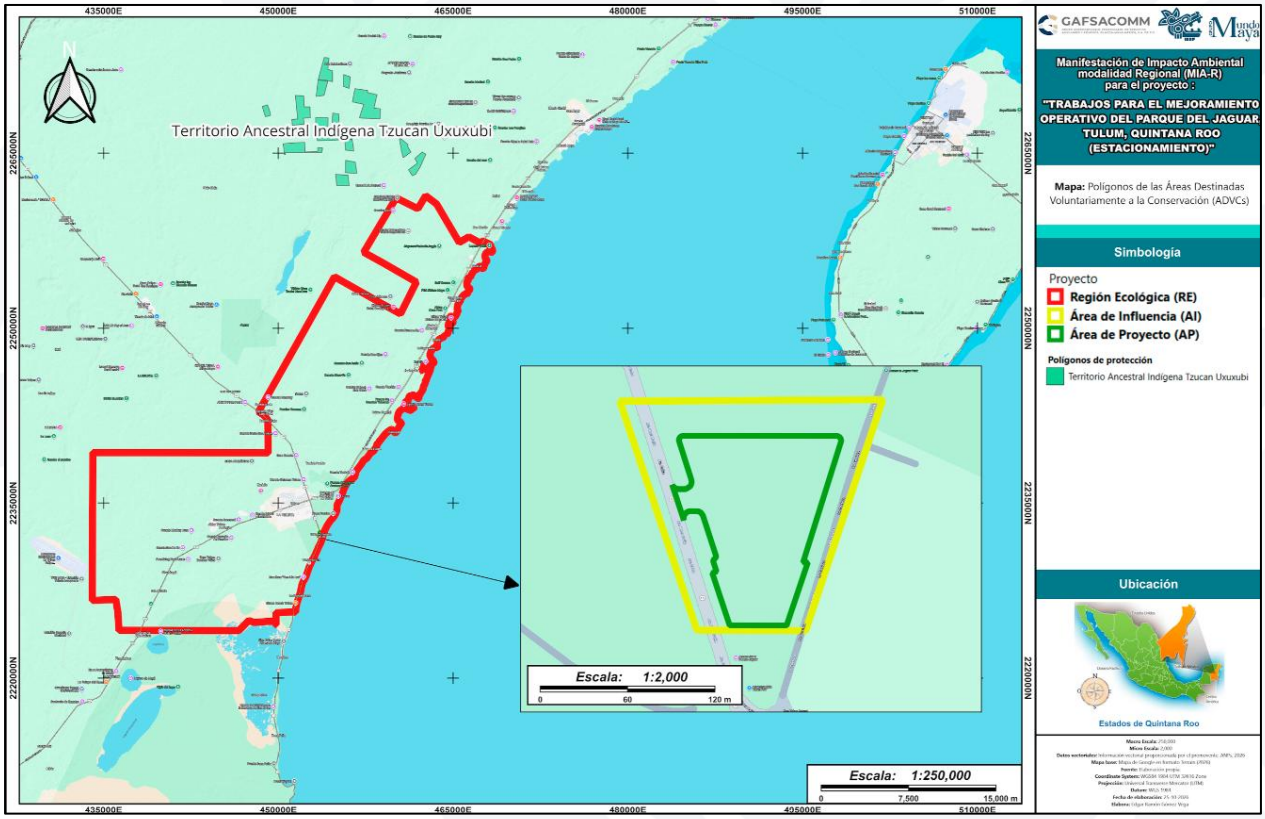



**Figura III.8. Ubicación de las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVCs). Elaboración propia.**

## II.2.4. Unidades de Manejo Ambiental (UMAs)

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
**Vector de origen:** Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA), 2020.

el Área del proyecto **NO INCIDEN** dentro de alguna UMA. Sin embargo, las UMAS más cercanas corresponden a Tho y Sisal Aventura a a >10,000 m de distancia del AP.

**Tabla II.13. Incidencias y cercanías del AP respecto a UMAs conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Unidades de Manejo Ambiental (UMAs) | Área de Proyecto (AP) | |
|---|---|---|
| | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) |
| Tho | ----- | >10,000 |
| Sisal Aventura | ----- | >10,000 |

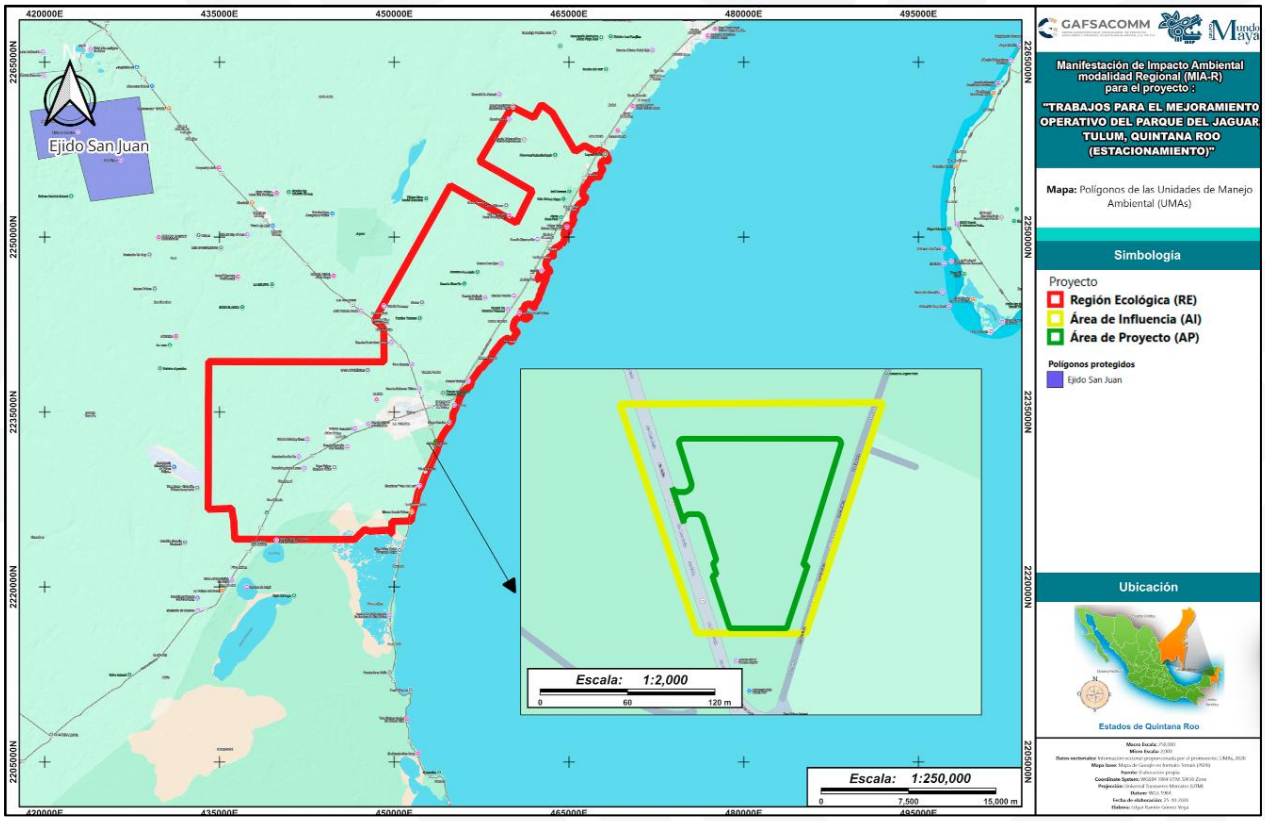



**Figura III.9. Ubicación de las Unidades de Manejo Ambiental (UMAs). Elaboración propia.**

## II.2.5. Regiones Terrestres Prioritarias (RTPs)

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
**Vector de origen:** Regiones Terrestres Prioritarias. CONABIO. 1:4,000,000.

En Región Ecológica (RE) se observa una incidencia de 585748.626809583 $m^2$ para la RTP Sian Ka'an-Uaymil-Xcalak, que está a 8312.2068m de cercanía con AP.

**Tabla III.14. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a RTPs conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Regiones Terrestre Prioritarias (RTPs) | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia | Cercanía (m) | Incidencia | Cercanía (m) |
| Sian Ka'an-Uaymil-Xcalak | ----- | 8312.2068 | 585748.626809583 | ----- |

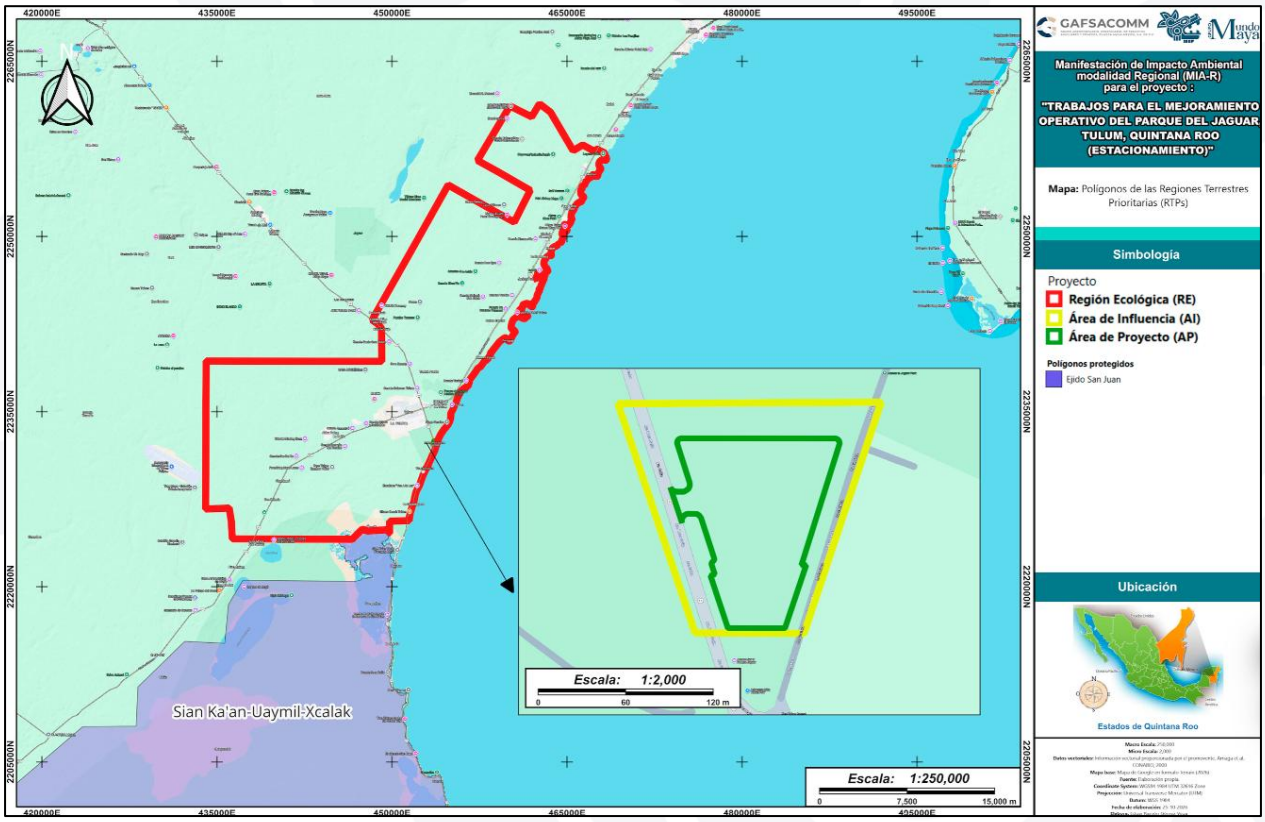



**Figura III.10. Ubicación de las Regiones Terrestres Prioritarias (RTPs). Elaboración propia.**

## II.2.6. Regiones Marinas Prioritarias (RMPs)

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
**Vector de origen:** Regiones Marinas Prioritarias. CONABIO. 1:4,000,000.

La Región Ecológica (RE) presenta una incidencia de 219443487.768064m$^2$ dentro de la RMP Tulum-Xpuha, mientras que el Área del Proyecto (AP) incide con 10000.067737906 m$^2$ en esta misma RMP. Para la RMP Sian Ka'an, se observa una cercanía de 6,556m.

**Tabla II.15. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a RMPs conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Regiones Marinas Prioritarias (RMPs) | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia | Cercanía (m) | Incidencia | Cercanía (m) |
| Tulum-Xpuha | 10000.067737906 | ----- | 219443487.768064 | ----- |
| Sian Ka'an | ----- | 6,556 | 11146355.0499784 | ----- |

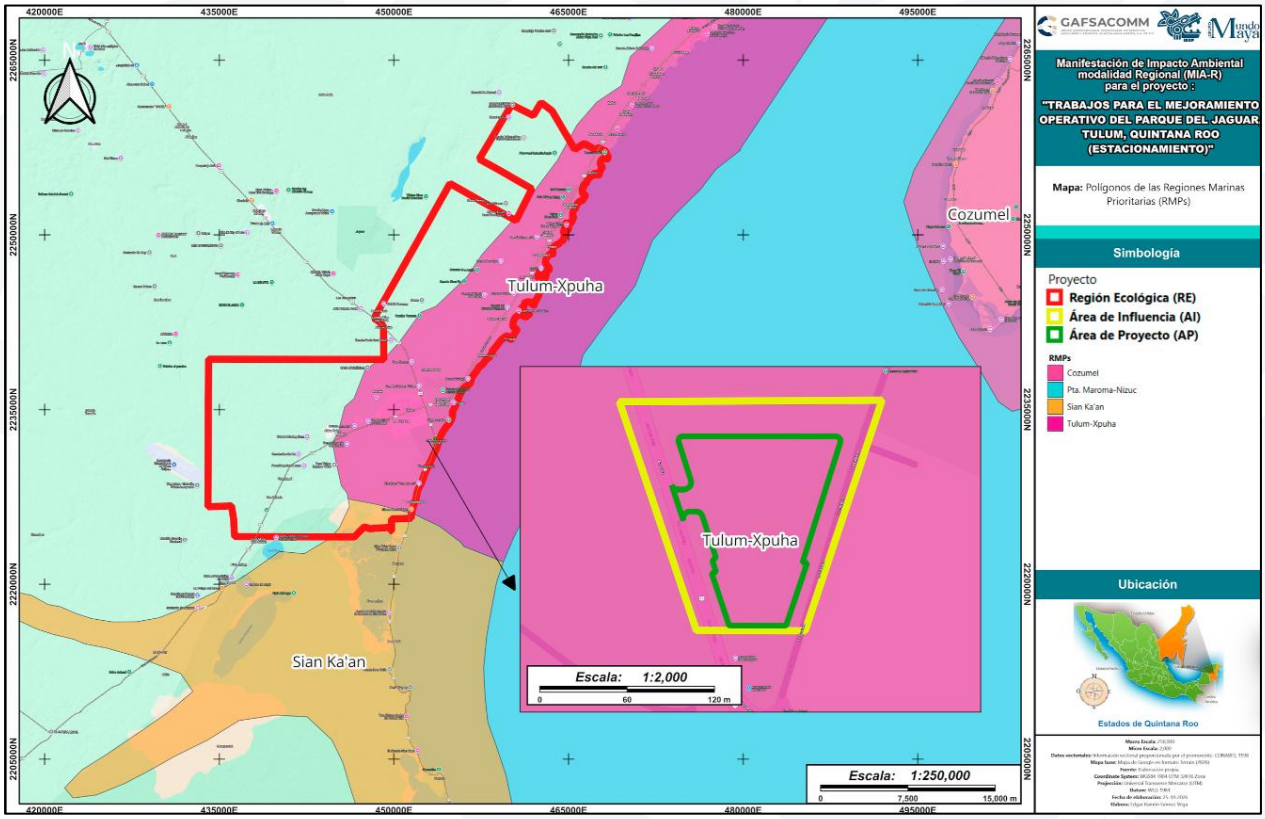



**Figura III.11. Ubicación de las Regiones Marinas Prioritarias (RMPs). Elaboración propia.**

## II.2.7. Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs)

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
**Vector de origen:** Regiones Hidrológicas Prioritarias. CONABIO. 1:4,000,000.

El Área del Proyecto (AP) **NO INCIDE** dentro de RHPs, localizándose a una distancia de 3,952 m de la RHP 102. Anillo de cenotes.

**Tabla II.16. Incidencias y cercanías del AP respecto a RHPs conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs) | Área de Proyecto (AP) | |
|---|---|---|
| | Incidencia (m²) | Cercanía (m) |
| 102. Anillo de cenotes | ----- | 3,952 |

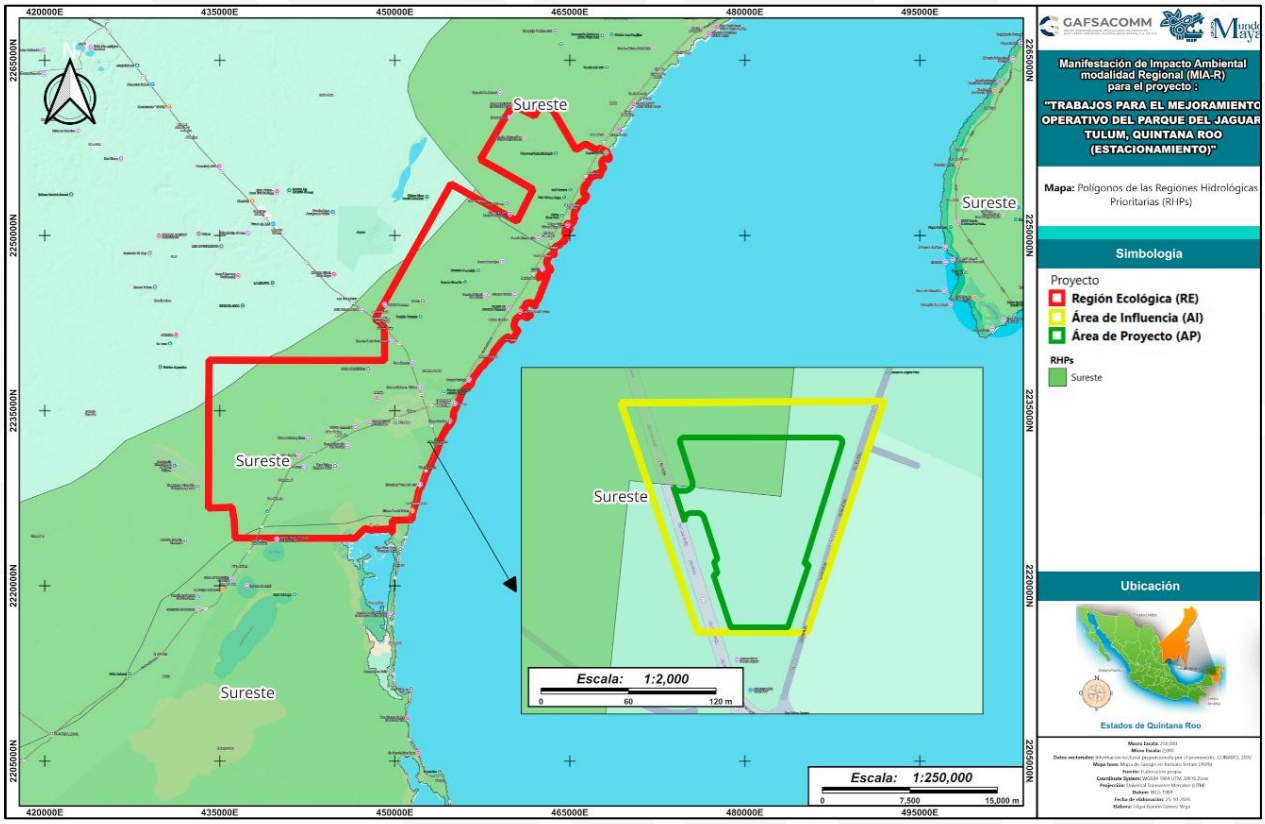



**Figura III.12. Ubicación de las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs). Elaboración propia.**

## II.2.8. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs)

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
**Vector de origen:** Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves 2015 (AICA).

El Área del Proyecto (AP) **NO INCIDE** dentro de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs). Se localiza a más de 10,000 m de las denominadas 183. Río Celestún y 184. Ichka' Ansijo.

**Tabla II.17. Incidencias y cercanías del AP respecto a las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) | Área de Proyecto (AP) | |
|---|---|---|
| | Incidencia (m²) | Cercanía (m) |
| 183 Río Celestún | ----- | >10,000 |
| 184 Ichka' Ansijo | ----- | >10,000 |

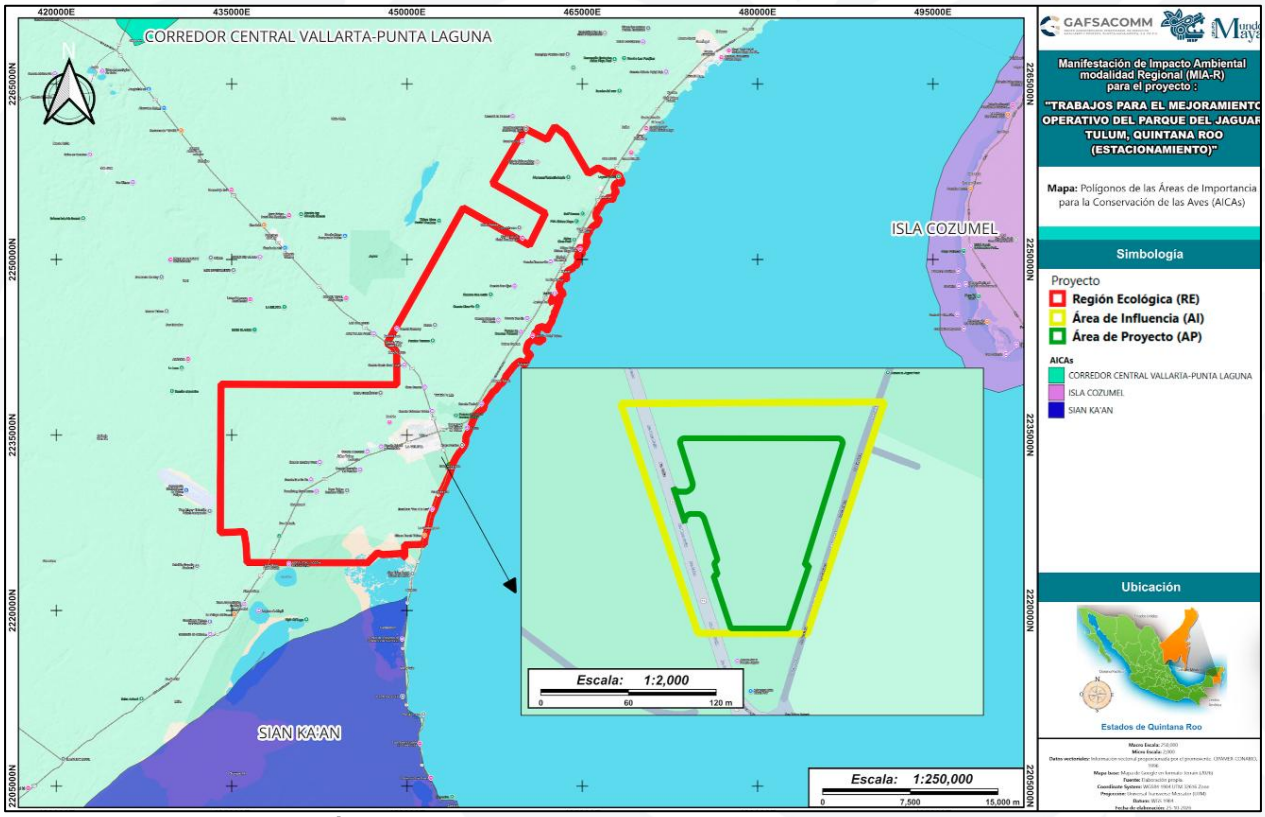



**Figura III.13. Ubicación de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs). Elaboración propia.**

## II.2.9. Sitios RAMSAR

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).
**Vector de origen:** Sitios RAMSAR. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

El Área del Proyecto **NO INCIDE** sobre ningún sitio RAMSAR. Conforme a las cercanías, el sitio RAMSAR 141. Anillos de Cenotes se localiza a una distancia de 8,358 m.

**Tabla II.18. Incidencias y cercanías del AP respecto a los sitios RAMSAR conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Sitios Ramsar | Área de Proyecto (AP) | |
|---|---|---|
| | Incidencia (m²) | Cercanía (m) |
| 141. Anillo de Cenotes | ----- | 8,358 |

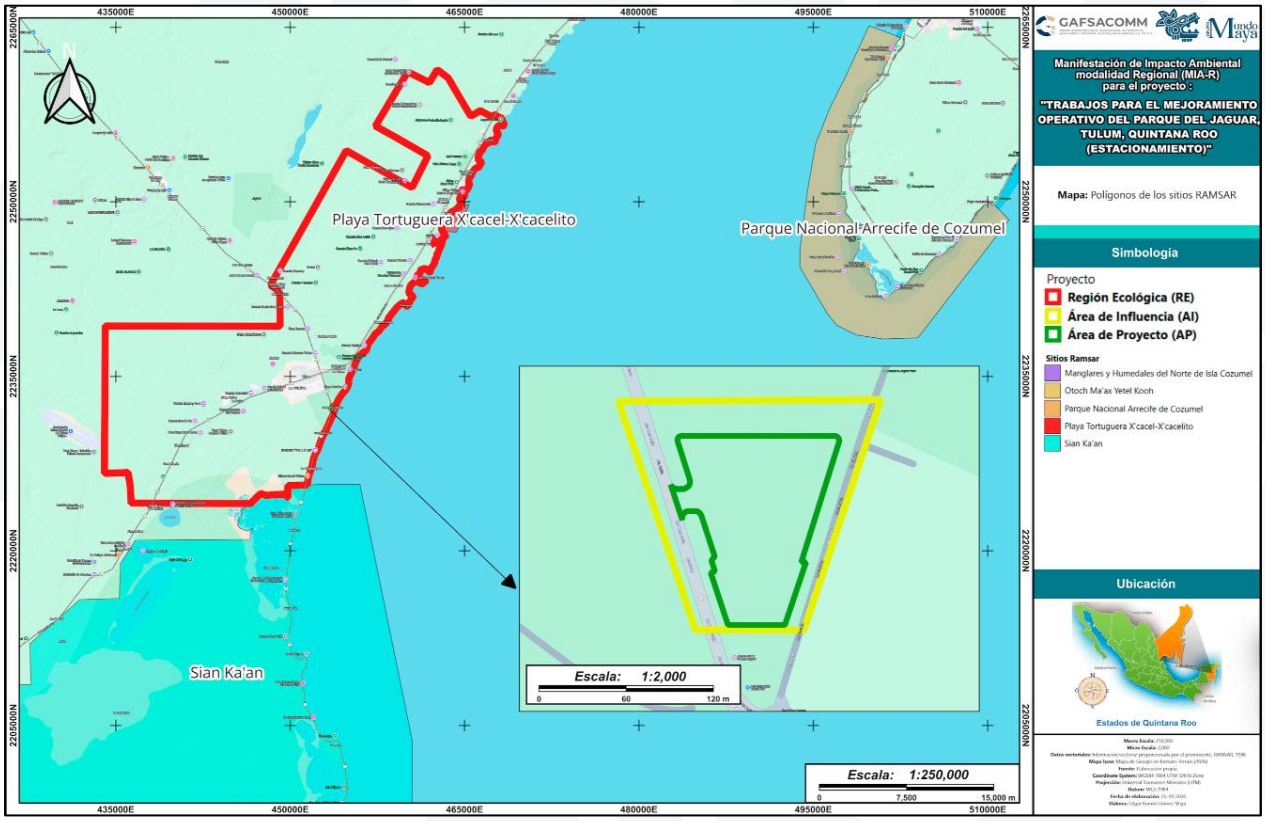



**Figura III.14. Ubicación de los Sitios RAMSAR. Elaboración propia.**

## II.3. NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOMs)

Para la presente Área de Proyecto (AP) han evaluado todos los procesos involucrados en las distintas etapas del Proyecto, desde la preparación del sitio hasta la operación misma, identificando las NOM de SEMARNAT que inciden en la regulación de dichas obras o actividades. Contaminación atmosférica, contaminación al suelo, generación de residuos peligrosos, ruido, afectación a la flora y fauna, etcétera. Para minimizar las afectaciones al sistema, se deben considerar las disposiciones y lineamientos establecidos en las normas oficiales mexicanas, con base en la vinculación que tienen algunas de ellas con el Proyecto.

A continuación, se muestra una lista enunciativa, mas no restrictiva, de normas aplicables y dicha vinculación:

**Tabla II.19. Normas Oficiales Mexicanas vinculantes con el Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.**

| NORMA OFICIAL MEXICANA | APLICACIÓN | QUIÉN DEBE CUMPLIRLA | CUMPLIMIENTO | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|---|
| **NOM-041- SEMARNAT-2015.** Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. | Es de observancia obligatoria para el propietario, o legal poseedor de los vehículos automotores que circulan en el país o sean importados definitivamente al mismo, que usan gasolina como combustibles, a excepción de vehículos con peso bruto vehicular menor de 400 kg (kilogramos), motocicletas, tractores agrícolas, maquinaria dedicada a las industrias de la construcción y de la minería, verificar los límites de emisión de contaminantes tales como: emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno y óxido de nitrógeno, así como el nivel mínimo y máximo de la suma de monóxido y bióxido de carbono y el Factor Lambda. | El promovente asignará a un supervisor quien vigilará la supervisión de la maquinaria y automotores que se utilizan en el Proyecto. | Se requerirá que los vehículos que se utilizan dentro del Área del Proyecto (AP) den cumplimiento a esta norma, para lo cual se le solicitara la presentación de las bitácoras vehiculares vigentes correspondientes. | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06** |
| **NOM-044-SEMARNAT-2017.** Que establece los límites máximos permisibles de emisión de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no metano, hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno, partículas y amoniaco, provenientes del escape de motores nuevos que utilizan diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, así como del escape de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipados con este tipo de motores. | Que establece los límites máximos permisibles de emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos no metano (HCNM), hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno (HCNM+ NOx), partículas (Part), e incluso de amoniaco ($NH_3$), conforme a lo especificado en las Tablas 1, 2, 3 y 4 de la presente norma oficial mexicana; todos ellos, contaminantes provenientes del escape de motores nuevos que utilizan diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, así como del escape de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipados con este tipo de motores. | El promovente asignará a un supervisor quien vigilará la supervisión de la maquinaria y automotores que se utilizan en el Proyecto. | Se requerirá que los vehículos que utilizan diésel como combustible que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, así como del escape de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipados con este tipo de motores, dentro del Proyecto den cumplimiento a esta norma, para lo cual se le solicitará la presentación de las bitácoras vehiculares vigentes correspondientes. | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06** |
| **NOM-045-SEMARNAT-2017.** Protección ambiental. Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles | Se establece los límites máximos permisibles de emisión expresados en coeficiente de absorción de luz o por ciento de opacidad, proveniente de las emisiones del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible, método de prueba y características técnicas del instrumento de medición. | El promovente asignará a un supervisor quien vigilará la verificación de la maquinaria y automotores que se utilizan en el Proyecto. | Los vehículos que se utilizan en Área del Proyecto (AP) deberán dar cumplimiento a esta norma, por lo cual, se les pedirá la presentación de las bitácoras vehiculares sin rebasar los niveles máximos permisibles. | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06** |

| NORMA OFICIAL MEXICANA | APLICACIÓN | QUIÉN DEBE CUMPLIRLA | CUMPLIMIENTO | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|---|
| de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición. | Es de observancia obligatoria para los propietarios o legales poseedores de los citados vehículos, así como de los responsables de los centros de verificación vehicular. Se excluyen de la aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, la maquinaria equipada con motores a diésel empleada en las actividades agrícolas, de la construcción y de la minería. | | | |
| **NOM-080-SEMARNAT-1994.** Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición | La exposición a emisión de rudo proveniente de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación altera el bienestar de ser humano produciendo daño en la audición. | El promovente asignará a un supervisor quien vigilará la utilización de equipo y maquinaria pesada. | Se realizará el monitoreo de la maquinaria, equipo y vehículos utilizados en Área del Proyecto (AP) sobre todo cuando se trabaje cerca de las poblaciones para que no se excedan los limites máximo permisibles que establece la norma respectiva. | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06** |
| **NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.** Su objetivo es establecer los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación. | Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para quienes resulten responsables de la contaminación con hidrocarburos en suelos. | El promovente asignará a un supervisor quien vigilará la supervisión en el Proyecto. | Se verificarán que los transportes utilizados, no tengan fuga y en caso de derrame accidental, durante la colocación del material para el suelo, se procederá de acuerdo con esta NOM. | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06** |
| **NOM-161-SEMARNAT-2011** Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo. | Establecer los criterios para determinar los Residuos de Manejo Especial que estarán sujetos a Plan de Manejo y el Listado de los mismos. | La Contratista será la responsable de la realización de la obra en conjunto con la empresa que otorgue el servicio de arrendamiento de sanitarios portátiles. | No se verterá ningún tipo de desecho derivada de la preparación y construcción del Proyecto, ya que se instalarán sanitarios portátiles los cuales habrá uno por cada quince trabajadores. Para ello se contratará a una empresa especializada en manejo, tratamiento y disposición adecuada, que cuente con las autorizaciones correspondientes ante la SEMARNAT, vigentes. Durante la operación y mantenimiento se instalarán sanitarios en el área de oficinas que irán conectados a la red municipal. | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06** |
| **NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002** Protección ambiental - Salud ambiental - Residuos peligrosos | La presente Norma Oficial Mexicana establece la clasificación de los residuos peligrosos biológico-infecciosos, así como las especificaciones para su manejo. | La Promovente será la responsable de la realización de la obra en conjunto con la empresa especializada en el manejo, control y transporte de | Se llevará a cabo un *Programa de Manejo Integral* de Residuos en el cual se incluyen las actividades a seguir sobre la separación, almacenamiento temporal, identificación, etiquetado y | |

| NORMA OFICIAL MEXICANA | APLICACIÓN | QUIÉN DEBE CUMPLIRLA | CUMPLIMIENTO | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|---|
| biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo. | Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria para los establecimientos que generen residuos peligrosos biológico-infecciosos y los prestadores de servicios a terceros que tengan relación directa con los mismos. | residuos no peligrosos y peligrosos. | confinamiento especial; en dicho programa se incluye la siguiente actividad para el manejo de residuos peligrosos biológico-infecciosos (RPBI's):<br><br>*En caso de generarse residuos peligros biológicos-infecciosos (RPBI), el manejo se realizará conforme a la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de estos residuos.*<br><br>En caso de generarse estos residuos peligrosos biológicos-infecciosos (RPBI´'s) deberán ser manejados por una empresa especializada y autorizada en el manejo de residuos peligrosos, bajo un contrato de servicio.<br><br>La Promovente, deberá exhibir información que compruebe la realización de la separación de residuos y el manejo y disposición finalizada, así como la copia del contrato celebrado cuando la autoridad ambiental así lo solicite. | |
| **NOM-052-SEMARNAT-2005.** Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. | Los residuos producto de las actividades de mantenimiento de maquinaria y equipos (latas vacías con algún contenido de pintura, solventes, aceites usados o lubricantes y estopa impregnada de grasas) se manejarán residuos peligrosos conforme a la norma. | El promovente asignará a un supervisor quien vigilará que se realice el correcto almacenamiento de residuos peligrosos y establecer un contrato con una empresa especializada en el manejo y tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos. | Se realizará la separación, almacenamiento temporal, identificación, etiquetado y confinamiento especial de los residuos peligrosos, los cuales deben ser manejados por una empresa especializada y autorizada en el manejo de residuos peligrosos, bajo un contrato de servicio. La Promovente, deberá exhibir información que compruebe la realización de la separación de residuos y el manejo y disposición finalizada, así como la copia del contrato celebrado cuando la autoridad ambiental así lo solicite. | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06** |
| **NOM-054-SEMARNAT-1993** Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma | Esta norma oficial mexicana establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más de los residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-CRP-001-ECOL/1993. | La Promovente será la responsable de la realización de la obra en conjunto con la empresa especializada en el manejo, separación, control y transporte de residuos no peligrosos y peligrosos. | Se llevará a cabo un *Programa de Manejo Integral* de residuos peligrosos, realizando la separación, almacenamiento temporal, identificación, etiquetado y confinamiento especial en el cuál se incluye la siguiente actividad dentro del programa: | **PREVENCIÓN: P02, P03, P04, P05, P06** |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| NORMA OFICIAL MEXICANA | APLICACIÓN | QUIÉN DEBE CUMPLIRLA | CUMPLIMIENTO | MEDIDAS ESPECÍFICAS |
|---|---|---|---|---|
| Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993. | | | *Se analizará la incompatibilidad de los residuos peligrosos (NOM-054-SEMARNAT- 2005) para diseñar el almacén temporal de estos, dividiendo el dique para posibles derrames o colocando para los residuos incompatibles, un doble dique o charola que impida la mezcla de posibles derrames.*<br><br>Estos residuos peligrosos deberán ser manejados por una empresa especializada y autorizada en el manejo de residuos peligrosos, bajo un contrato de servicio.<br><br>La Promovente, deberá exhibir información que compruebe la realización de la separación de residuos y el manejo y disposición finalizada, así como la copia del contrato celebrado cuando la autoridad ambiental así lo solicite. | |
| **NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019).** Protección Ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. | La norma establece el listado de especies en alguna categoría de protección y los procedimientos para modificar el listado. | El promovente asignará a un supervisor quien vigilará la supervisión en el Proyecto. | Se examinó la presencia o reporte de especies bajo protección en la fauna avistada o reportada para el sitio, como se describe en la sección de Flora y Fauna. Con las medidas listadas dentro del presente documento, se mitigarán y compensarán su afectación, con el fin de prevenir, controlar y minimizar impactos adversos a estos componentes ambientales mediante el rescate y reubicación de la flora, así como el ahuyentamiento, rescate y reubicación de la fauna. | **MITIGACIÓN: M06, M08** |

# II.4. PROGRAMAS Y/O PLANES DE DESARROLLO URBANO

## II.4.1. Actualización del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tulum 2006-2030

**Fecha de publicación:** 9 de abril de 2008.
**Enlace de consulta:** https://drive.google.com/file/d/1vmz4rfM8nRrJS5689Qwtu3FKv0VSn88V/view

La Actualización del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tulum 2006-2030 se encuentra ubicado y entrelazado con las políticas y lineamientos de los programas y planes vigentes, en proceso o por llevarse a cabo en el Estado de Quintana Roo y el Municipio de Solidaridad. Con la finalidad de sumar esfuerzos para el logro de los objetivos planteados en cada uno de los instrumentos ya sea en sus planteamientos finales o en sus conclusiones parciales, privilegiando esa vocación estatal y su inserción en el turismo, procurando la atención de las demandas de la población local y emigrante.

El Área del Proyecto (AP) incide dentro de la **Zonificación de Usos y Destinos de Áreas de Protección Ambiental y Arqueológica,** específicamente dentro del **Uso de Parque Nacional (PN),** la cual se describe a continuación:

La zonificación de **Parque Natural** (**PN**) comprende áreas de preservación ambiental que funcionarán como áreas de amortiguamiento entre la zonificación de preservación de cauces de ríos subterráneos y los usos rústicos de transición urbano–rurales. Incluye la franja costera de 664-32-13 hectáreas. **Comprende 874.59 hectáreas** dentro de la poligonal del Centro de Población.

Solo se permitirá el aprovechamiento de bajo impacto dirigido a la generación de infraestructura turística de apoyo bajo las siguientes normas:

**R2.** Solo podrá utilizarse el 7% de la superficie del terreno para instalaciones turísticas entendiéndose a aquellas que faciliten actividades recreativas, culturales, consumo de alimentos, sanitarios y vestidores. El resto del 90% se destinará a la cobertura vegetal y se sujetará a las actividades de preservación ecológica de flora y fauna.

**VINCULACIÓN:** El presente proyecto consiste en la construcción de estacionamiento, del cual sólo se requerirá 1 ha (10,000 $m^2$) para su funcionamiento y operación. Respecto a la totalidad de esta zonificación, sólo corresponde a un 0.1143 % de la superficie total. Adicionalmente, se realizarán acciones de reforestación dentro del Parque Nacional Tulum con la finalidad de compensar aquellas superficies desmontadas (**medida C01).**


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

**R3 .**Se utilizarán elementos característicos de arquitectura tradicional con edificaciones de baja altura (máximo 5 metros) o un nivel constructivo. Toda edificación se agrupará para maximizar espacios naturales con vegetación endémica.

**VINCULACIÓN:** El presente proyecto no representa propiamente una edificación con niveles constructivos. Sin embargo, estas instalaciones del estacionamiento no sobrepasarán los 5 metros de altura, además de que 1,335.00 m² corresponderán a áreas verdes ajardinadas que albergarán especies nativas. (**medida M09).**

**R4.** Los materiales permitidos serán de tipo rústicos y sustentables (carrizos, bambú, palmas, embarro o bajareque y madera) en pisos, techos y paredes. No se permite la construcción de ningún tipo de estructura temporal o permanente en áreas superficiales y *subterráneas* con los siguientes materiales: concretos, tabique, láminas de asbesto, plásticos, losetas, estructuras metálicas y todo aquel material en piso, paredes y techos que obstruya, altere o modifique la calidad paisajística y que impida la permeabilidad.

**VINCULACIÓN:** Conforme a las especificaciones constructivas de la carpeta de rodamiento, dentro del Capítulo I se indica el proceso constructivo en el cual se señala el empleo de sascab, material autóctono, que provendrá de un sitio autorizado para su extracción, el cual permitirá la correcta infiltración del agua de lluvia, manteniendo la dinámica hidrológica dentro del ANP Parque Nacional Tulum y dentro de la Región Ecológica (RE). Además de que 1,335.00 m² corresponderán a áreas verdes ajardinadas que albergarán especies nativas, las cuales permitirán la correcta infiltración del agua hacia los mantos freáticos. (**medida M09).**

**R5.** Los elementos complementarios como: mobiliario urbano, señalización turística, preventiva e informativa deberán ser elaborados con materiales alternativos y serán acordes al contexto paisajístico.

**VINCULACIÓN:** la señalética empleada dentro del estacionamiento será acorde a la indicada dentro del Programa de Manejo del Parque Nacional Tulum, así como a aquella autorizada por la dependencia de movilidad del estado de Quintana Roo. Esto con la finalidad de que sea acorde a los requerimientos necesarios para la operación del estacionamiento.

**R6.** Las rutas y senderos ecológicos no excederán el 3% de la superficie total del predio, serán delimitados con materiales permeables: madera, gravas, rocas o arenas etc. que garantice la permeabilidad total. Queda prohibida la pavimentación de cualquier camino y acceso al predio. Se deberán considerar la accesibilidad para personas con discapacidad y adultos mayores con criterios de seguridad y alta calidad en sus materiales constructivos.

**VINCULACIÓN:** El presente proyecto consiste en la construcción de estacionamiento, del cual sólo se requerirá 1 ha (10,000 $m^2$) para su funcionamiento y operación. Respecto a la totalidad de esta zonificación, sólo corresponde a un 0.1143 % de la superficie total. Adicionalmente, se realizarán acciones de reforestación dentro del



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

Parque Nacional Tulum con la finalidad de compensar aquellas superficies desmontadas (**medida C01).**

Conforme a las especificaciones constructivas de la carpeta de rodamiento, dentro del Capítulo I se indica el proceso constructivo en el cual se señala el empleo de sascab, material autóctono, que provendrá de un sitio autorizado para su extracción, el cual permitirá la correcta infiltración del agua de lluvia, manteniendo la dinámica hidrológica dentro del ANP Parque Nacional Tulum y dentro de la Región Ecológica (RE). Asimismo, uno de los principales objetivos de este proyecto es brindar un espacio de arribo para una visitación turística responsable e incluyente, presentando cajones de estacionamiento para turistas con capacidades motrices diversas, así como para adultos mayores.

**R7.** La infraestructura para la dotación de alumbrado y energía eléctrica requerida deberá contemplar fuentes alternativas de energía (captación de luz solar, etc).

**VINCULACIÓN:** Como parte de las especificaciones constructivas del proyecto del Capítulo I, se instalarán paneles solares sobre los cajones de estacionamiento, los cuales aprovecharán la energía solar para alimentar el sistema fotovoltaico que alimentará a las luminarias dentro del estacionamiento.

**R10.** Se promoverá el composteo de los desechos orgánicos, para su utilización como fertilizantes orgánicos degradables en las áreas verdes.

**VINCULACIÓN:** Si bien, como parte de la generación de residuos durante la etapa de preparación del sitio prevé la generación de residuos orgánicos producto del desmonte y despalme, una parte del material triturado será utilizado en el compostaje para la elaboración de sustrato con el que se le dará mantenimiento al vivero forestal temporal donde será resguardada la planta rescatada, así como la producida para las acciones de reforestación (**medida M08).**

**R11.** Los sanitarios serán de tipo secos compostero que eviten la contaminación al suelo y subsuelo y la proliferación de fauna nociva hacia las zonas suburbanas y rurales.

**VINCULACIÓN:** Durante la etapa de preparación del sitio, se contará con 1 sanitario portátil por cada 15 trabajadores. Se contratará a un prestador de servicios que esté debidamente acreditado para la recolección y disposición de las aguas sanitarias, así como su lugar de disposición final también se encuentre debidamente acreditado. Para la etapa de operación y mantenimiento, no se contará con servicio de sanitarios para los visitantes (**medida P06).**

**R12.** Queda prohibida la descarga de aguas residuales crudas al suelo y subsuelo.

**VINCULACIÓN:** Durante la etapa de preparación del sitio, se contará con 1 sanitario portátil por cada 15 trabajadores. Se contratará a un prestador de servicios que esté debidamente acreditado para la recolección y disposición de las aguas sanitarias, así como su lugar de disposición final también se encuentre debidamente acreditado.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

Para la etapa de operación y mantenimiento, no se contará con servicio de sanitarios para los visitantes (**medida P06).**

**R14.** Se deberá contar con infraestructura para la captación y aprovechamiento del agua de lluvia.

**VINCULACIÓN:** Conforme al diseño constructivo del estacionamiento descrito dentro del Capítulo I, se contará con áreas verdes ajardinadas y una franja de vegetación nativa que fungirán como punto de captación e infiltración del agua para la recarga de los mantos freáticos, así como (**medida M09).**

**R19.** Toda actividad recreativa deberá contar con un programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos y con un reglamento que minimice impactos ambientales hacia la flora, fauna y formaciones geológicas.

**VINCULACIÓN:** Como parte de las medidas de prevención y mitigación, el presente proyecto contará con un Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá los protocolos para la minimización, separación, recolección y disposición de los residuos sólidos. En particular, para el manejo de los residuos sanitarios (contratación de 1 sanitario portátil por cada 15 trabajadores). Todos los residuos generados serán dispuestos por una empresa con las acreditaciones para su recolección y transporte, y serán enviados a un sitio autorizado para su disposición final (**medidas P02. P03, P04, P05, P06).**

**R20.** Previo a la realización de cualquier tipo de desarrollo e infraestructura se realizará un reconocimiento arqueológico y notificar al Instituto de Antropología e Historia de cualquier vestigio o sacbé (camino blanco maya) que se encuentre.

**VINCULACIÓN:** Durante la etapa de preparación del sitio, en caso de encontrarse algún vestigio arqueológico, se notificará al Instituto de Antropología e Historia (INAH) para que haga la valoración pertinente, y una vez se haga la liberación del sitio por este organismo, se continuará con las actividades previstas para el proyecto.

De acuerdo con el análisis a cada uno de las actividades aplicables al Área del Proyecto (AP) se concluye que **no se contravienen y se pueden llevar a cabo las obras y actividades mencionadas en el capítulo I**; que componen el proyecto, por lo tanto, se permite el desarrollo de este siempre y cuando se dé cumplimiento a los criterios específicos del sector. Por ello, se concluye que **el presente PROYECTO NO CONTRAVIENE a las actividades aplicables del PDU antes referido y analizado.**

Adicionalmente, se implementarán medidas de prevención, mitigación y compensación que se implementarán de manera conforme a lo indicado dentro del Capítulo IV, así como los indique la autoridad ambiental en caso de autorizar el presente proyecto.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

# II.5. LEYES Y REGLAMENTOS APLICABLES CON LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO A NIVEL FEDERAL, ESTATAL Y MUNICIPAL

A continuación, se enlistan las leyes y sus reglamentos aplicables a las cuales el Área del Proyecto (AP) se apega de manera estricta, cumpliendo con las obligaciones ambientales señaladas dentro de los artículos aplicables, sí como a través de la implementación de las medidas de prevención, mitigación y compensación aplicables manifestadas dentro del Capítulo IV.

## II.5.1. Legislación federal

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).
- Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).
- Reglamento de la Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).
- Ley General de Vida Silvestre (LGVS).
- Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (LGVS).
- Ley de Aguas Nacionales (LAN).
- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (LAN).
- Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos (LFMZAAH).
- Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos (LFMZAAH).

## II.5.2. Legislación estatal

- Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo.
- Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo.
- Ley de Vida Silvestre para el Estado de Quintana Roo.
- Ley Reglamento De Ecología, Mitigación Y Adaptación Al Cambio.
- Climático Del Municipio De Tulum, Quintana Roo para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo.

Dichas leyes y reglamentos, tanto federales como estatales, seguirán cumpliéndose en estricto apego a sus artículos y lineamientos aplicables al Área del Proyecto (AP).



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

## II.6. TRATADOS Y CONVENIOS INTERNACIONALES

A continuación, se enlistan los tratados y convenios internacionales a los cuales se apega de manera estricta, cumpliendo con las obligaciones ambientales señaladas dentro de los artículos aplicables, sí como a través de la implementación de las medidas de prevención, mitigación y compensación aplicables manifestadas dentro del Capítulo IV.

- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe, “Acuerdo de Escazú”.
- Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas “Convención Ramsar”.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBIOMEX) y Plan de Acción 2016-2030.
- Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).
- Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo sobre los Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes.
- Declaración Americana sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas.
- Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible una oportunidad para América Latina y el Caribe.
- Declaración de las Naciones Unidas sobre los Pueblos Indígenas.
- Pacto Mundial de las Naciones Unidas, una Llamada para Empresas Sostenibles.

## II.7. LOCALIDAD (ES) CON POBLACIÓN INDÍGENA EN LAS QUE INCIDE EL SITIO DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO Y/O SU ZONA DE INFLUENCIA

Análisis de incidencia: Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026). Vector de origen: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (2014, 4 de abril). Población indígena por localidad, 2010 [Conjunto de datos vectoriales]. Escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) e Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Ciudad de México, México.

A partir de la interpretación espacial y la superposición cartográfica mostrada en el mapa correspondiente, así como el análisis de incidencias conforme al Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), se evaluó la interacción del trazo del Proyecto con los asentamientos de población indígena identificados en la región de estudio. De acuerdo con la ubicación geográfica del trazo y la cartografía de referencia, se constata que no existen localidades o comunidades indígenas asentadas directamente dentro del área de afectación del Proyecto. No obstante, sí se identificó una localidad indígena con una cercanía menor a 10,000 m de distancia, siendo la denominada San Pedro Cobá (Cédula 25A 0009 correspondiente a identidad maya) con una cercanía de 7,782 m.

**Tabla II.20. Localidades indígenas cercanas al Área del Proyecto (AP). Elaboración propia.**

| ID | NÚMERO DE CÉDULA | COMUNIDAD | MUNICIPIO | IDENTIDAD O PUEBLO | DISTANCIA (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 24A 0009 | San Pedro Cobá | Tulum | Maya | 7,782 |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D “Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez”. Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

## II.8. CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis realizado en el presente documento sobre la normatividad federal, estatal y municipal y su vinculación con el Área del Proyecto (AP), tomando en cuenta las obligaciones ambientales legales que se desprenden de los ordenamientos y leyes antes analizadas, se concluye que este proyecto puede llevarse a cabo de manera viable en el AP través de la aplicación de las medidas preventivas, de mitigación y/o compensación necesarias, y la obtención de los permisos, licencias, autorizaciones, registros o concesiones necesarios para la preparación, construcción, operación y mantenimiento de este, dando cumplimiento a sus términos y condiciones.

## II.9. BIBLIOGRAFÍA

**(C)**

Conabio. 2016. Sitios prioritarios para la restauración, escala: 1:1 000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

**(D)**

Diario Oficial de la Federación (D.O.F.). 2012. Acuerdo por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y el Caribe, Primera, Segunda y Tercera sección. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5279084&fecha=24/11/2012#gsc.tab=0,

Diario Oficial de la Federación (D.O.F.). 2012. Acuerdo por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5267334&fecha=07/09/2012.

**(E)**

Espacio Digital Geográfico, ESDIG. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. 2024. Plataforma Digital. Disponible en sitio Web: https://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador2Beta/index.html

**(F)**

Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) (22/08/2023). https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX1351RIS.pdf

**(G)**

Guía del Subsistema de Información sobre el Ordenamiento Ecológico (SIORE). 2024. Plataforma Digital. Disponible en sitio Web: https://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/uga_oe2/

**(S)**

Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA). 2026. Plataforma digital. Disponible en sitio Web: https://mapas.semarnat.gob.mx/sigeia/#/pub/sigeia

Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad, Portal de Geo información, CONABIO. 2026. Plataforma digital. Disponible en Sitio Web: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/biotic/spm1mgw.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

# MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

## Modalidad Regional

**Del Proyecto:**

## “TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)”

**Con pretendida ubicación en el Municipio de Tulum, en el estado de Quintana Roo.**

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

**Promovente:**

**Octubre de 2026**

# ÍNDICE

**CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA ..... 12**

**III.1. DELIMITACIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE) ..... 12**

III.1.1. Argumentos básicos para la delimitación ..... 12

III.1.2. Metodología de la delimitación del Área de Influencia (AI) ..... 15

**III.2. CLIMA ..... 22**

III.2.1. Unidades climatológicas ..... 22

III.2.2. Riesgos climatológicos y eventos extremos ..... 24

III.3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA ..... 26

III.3.1. Geología ..... 26

III.3.2. Provincias geológicas ..... 27

III.3.3. Fisiografía ..... 28

III.3.4. Sistema de topoformas ..... 29

III.3.5. Riesgos geológicos y geomorfológicos ..... 30

**III.4. SUELO ..... 32**

III.4.1. Unidades edafológicas ..... 32

III.4.2. Degradación del suelo ..... 33

III.4.3. Erosión del suelo ..... 35

**III.5. AGUA ..... 36**

III.5.1. Regionalización hidrológica ..... 36

III.5.2. Cuerpos de agua superficiales ..... 39

III.5.3. Corrientes de agua superficiales ..... 40

III.5.4. Hidrología subterránea (acuíferos) ..... 41

III.5.5. Riesgos y peligros ..... 42

III.5.6. Calidad del agua ..... 43

**III.6. AIRE ..... 44**

III.6.1. Dirección del viento ..... 44

III.6.2. Calidad del aire ..... 45

**III.7. BIODIVERSIDAD ..... 46**

III.7.1. Flora y vegetación terrestre ..... 46



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

III.7.2. Fauna ..... 71

**III.8. ANÁLISIS RESPECTO A LA INCIDENCIA DE LA REGIÓN ECOLÓGICA CON ÁREAS DE IMPORTANCIA AMBIENTAL ..... 125**

III.8.1. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) ..... 125

III.8.2. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) de carácter federales ..... 126

III.8.3. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) de carácter estatal ..... 127

III.8.3. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) de carácter municipal ..... 127

III.8.4. Manglares ..... 127

III.8.5. Humedales ..... 128

III.8.6. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVCs) ..... 128

III.8.7. Unidades de Manejo Ambiental (UMAs) ..... 129

III.8.8. Cenotes (oasis) ..... 130

III.8.9. Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs) ..... 131

III.8.10. Regiones Marinas Prioritarias (RMPs) ..... 132

III.8.11. Regiones Terrestres Prioritarias (RTPs) ..... 133

III.8.12. Sitios RAMSAR ..... 134

III.8.13. Corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad (CBC) 135

III.8.14. Sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad (SAP) ..... 137

III.8.15. Sitios prioritarios acuáticos y epicontinentales para la conservación de la biodiversidad (SPEC) ..... 138

III.8.16. Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad (SPT) ..... 139

III.8.17. Sitios prioritarios para la restauración (SPR) ..... 140

III.8.18. Sitios prioritarios marinos para la conservación de la biodiversidad en México (SPM) ..... 141

III.8.19. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica (SITP) ..... 142

III.8.20. Sitios prioritarios para la conservación de los primates (SPP) ..... 143

III.8.21. Conclusiones ..... 144

**III.9. MEDIO SOCIOECONÓMICO ..... 145**

**III.10. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL ..... 147**

**III1. CONCLUSIONES ..... 158**

**III.12. BIBLIOGRAFÍA ..... 158**

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III.1. Componentes y Factores ambientales susceptibles de impacto dentro de la Región Ecológica. Elaboración propia. ..... 16
Tabla III.2. Componentes y factores susceptibles de presentar impactos ambientales, identificados y empleados para la delimitación del Área de Influencia (AI). Elaboración propia. ..... 18
Tabla III.3. Incidencia de las unidades climáticas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. ..... 22
Tabla III.4. Incidencia de las unidades climáticas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. ..... 22
Tabla III.5. Temperatura media normal promedio por estación climatológica. Elaboración propia. ..... 23
Tabla III.6. Precipitación promedio (mm) estación climatológica Cumbres de Huicicila - 18083. Elaboración propia. ..... 24
Tabla III.7. Incidencia de las unidades geológicas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. ..... 26
Tabla III.8. Incidencia de las unidades geológicas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. ..... 26
Tabla III.9. Incidencia de las provincias geológicas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. ..... 27
Tabla III.10. Incidencia de las provincias geológicas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. ..... 27
Tabla III.11. Incidencias de las provincias y subprovincias fisiográficas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. ..... 28
Tabla III.12. Incidencias de las provincias y subprovincias fisiográficas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. ..... 28
Tabla III.13. Incidencia del sistema de topoformas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. ..... 29
Tabla III.14. Incidencia del sistema de topoformas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. ..... 30
Tabla III.15. Incidencia de las unidades edafológicas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. ..... 32
Tabla III.16. Incidencia de las unidades edafológicas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. ..... 32
Tabla III.17. Incidencia de tipos y causas de degradación del suelo dentro de la RE. Elaboración propia. ..... 34
Tabla III.18. Incidencia del tipo de erosión del suelo dentro de la RE. Elaboración propia. ..... 35
Tabla III.19. Incidencia del tipo de erosión del suelo dentro del AP. Elaboración propia. ..... 35
Tabla III.20. Incidencia de las regionalizaciones hídricas dentro de la RE conforme al SIGEIA. Elaboración propia. ..... 36

Tabla III.21. Incidencia de las regionalizaciones hídricas dentro del AP conforme al SIGEIA. Elaboración propia. 37
Tabla III.22. Incidencia de las microcuencas hidrológicas dentro de la RE. Elaboración propia. 37
Tabla III.23. Incidencia de cuerpos de agua superficiales dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 39
Tabla III.24. Incidencia de corrientes de agua superficiales en la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 40
Tabla III.25. Incidencia de acuíferos dentro de la RE de acuerdo con el SIGACUA. Elaboración *propia*. 41
Tabla III.26. Incidencia de acuíferos dentro del AP de acuerdo con el SIGACUA. Elaboración *propia*. 41
Tabla III.27. Calidad del agua superficial dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 43
Tabla III.28. Calidad del agua subterránea dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 43
Tabla III.29. Estación Meteorológica Automatizada "Tulum" dentro de la RE. Elaboración propia. 44
Tabla III.30. Emisiones del estado de Quintana Roo. Elaboración propia 45
Tabla III.31. Incidencia de uso de suelo y vegetación (USV) dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 46
Tabla III.32. Incidencia de uso de suelo y vegetación (USV) dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia. 47
Tabla III. 33. Síntesis de los sitios de muestreo establecidos. Elaboración propia 51
Tabla III. 34. Coordenadas de los sitios de muestreo de la RE en formato WGS84-UTM 32616. Elaboración propia. 51
Tabla III. 35. Coordenadas de los sitios de muestreo del AP en formato WGS84-UTM 32616. Elaboración propia. 51
Tabla III. 36. Flora potencial categorizada como Sujeta a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. 60
Tabla III. 37. Flora potencial categorizada como Amenazada (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia. 60
Tabla III. 38. Comparativa por especie entre la RE y el AP. Elaboración propia. 62
Tabla III. 39. Comparativa por especie entre la RE y el AP. Elaboración propia. 63
Tabla III. 40. Comparación de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Listado potencial, RE y AP). Elaboración propia. 66
Tabla III. 41. Comparación de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 CH y CUSTF. Elaboración propia. 66
Tabla III. 42. Comparación de especies prioritarias de la CONABIO. Elaboración propia. 67
Tabla III. 43. Comparación de especies en la Lista Roja de la IUCN. Elaboración propia. 67
Tabla III. 44. Comparación de especies en la Listadas en CITES. Elaboración propia. 68
Tabla III. 45. Flora endémica vascular con incidencia en la RE y el AP. Elaboración propia. 69
Tabla III.46. Coordenadas de ubicación de los transectos realizados en la RE para el registro de fauna silvestre, en proyección UTM WGS84 Zona 16N. Elaboración propia. 75
Tabla III.47. Coordenadas de ubicación de los transectos realizados en el AP para el registro de fauna silvestre, en proyección UTM WGS84 Zona 16N. Elaboración propia. 75

Tabla III.48. Esfuerzo de muestreo realizado durante los trabajos de campo (horas/hombre) por temporadas para anfibios y reptiles dentro de la RE. Elaboración propia. ..... 81
Tabla III.49. Esfuerzo de muestreo por temporadas (horas/hombre) para anfibios y reptiles. Elaboración propia. ..... 81
Tabla III.50. Sitios de colocación de trampas Tomahawk en la RE. Formato UTM WGS84 Zona 16N. Elaboración propia. ..... 83
Tabla III.51. Cuadro de coordenadas de las Trampas Tomahawk dentro del AP. Proyección UTM Z16, DATUM WGS84. Elaboración propia. ..... 83
Tabla III.52. Estimadores de riqueza y representatividad para los reptiles durante los muestreos. Elaboración propia. ..... 86
Tabla III.53. Estimadores de riqueza y representatividad para las aves durante los muestreos. Elaboración propia. ..... 87
Tabla III.54. Estimadores de riqueza y representatividad para los mamíferos durante los muestreos. Elaboración propia. ..... 88
Tabla III.55. Estimadores de riqueza y representatividad para los reptiles durante las etapas de muestreo. Elaboración propia. ..... 89
Tabla III.56. Estimadores de riqueza y representatividad para el grupo de las aves durante las etapas de muestreo. Elaboración propia. ..... 90
Tabla III.57. Estimadores de riqueza y representatividad para el grupo de mamíferos durante las etapas de muestreo. Elaboración propia. ..... 91
Tabla III.58. Anfibios potenciales categorizados como especies Sujetas a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia. ..... 95
Tabla III.59. Aves potenciales categorizadas como Sujetas a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia. ..... 96
Tabla III.60. Aves potenciales categorizadas como Amenazadas (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia ..... 96
Tabla III.61. Aves potenciales categorizadas como en Peligro de Extinción (P) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia ..... 97
Tabla III.62. Mamíferos potenciales categorizados como Sujetos a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia ..... 97
Tabla III.63. Mamíferos potenciales categorizados como Amenazados (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia ..... 97
Tabla III.64. Mamíferos potenciales categorizados En Peligro de Extinción (P) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia ..... 97
Tabla III.65. Reptiles potenciales categorizados como Sujetos a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia ..... 98
Tabla III.66. Reptiles potenciales categorizados como Amenazados (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia. ..... 98
Tabla III.67. Reptiles potenciales categorizados como Amenazados (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia. ..... 98

Tabla III.68. Listado de especies de murciélagos (quirópteros) potenciales dentro de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia. ..... 99
Tabla III.69. Listado de especies de primates potenciales dentro de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia. ..... 99
Tabla III.70. Comparativa de riqueza y abundancia por grupo faunístico. Elaboración propia. ..... 100
Tabla III.71. Listado de especies registradas durante los muestreos en campo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. ..... 102
Tabla III.72. Comparativo de abundancias de anfibios en la RE y el área de AP. Elaboración propia. ..... 105
Tabla III.73. Comparativo de abundancias de reptiles en la RE y el área de AP. Elaboración propia. ..... 106
Tabla III.74.. Comparativo de abundancias de aves en la RE y el área de AP. Elaboración propia. ..... 108
Tabla III.75. Comparativo de abundancias de mamíferos en la RE y el área de AP. Elaboración propia. ..... 111
Tabla III.76.. Índices de diversidad de anfibios registrados en la RE y el área de AP. Elaboración propia. ..... 112
Tabla III.77.. Índices de diversidad de reptiles registrados en la RE y el área de AP. Elaboración propia. ..... 112
Tabla III.78.. Índices de diversidad de aves registrados en la RE y el área de AP. Elaboración propia. ..... 113
Tabla III.79.. Índices de diversidad de Mamíferos registrados en la RE y el área de AP. Elaboración propia. ..... 114
Tabla III.80. Especies faunísticas registradas en la RE y AP en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia. ..... 117
Tabla III.81. Especies faunísticas registradas en la RE y AP en alguna categoría la Lista Roja de la IUCN. Elaboración propia. ..... 118
Tabla III.82. Especies faunísticas registradas en la RE y AP en algún Apéndice del CITES. Elaboración propia. ..... 119
Tabla III.83. Anfibios endémicos para Quintana Roo con incidencia en la RE y el AP. Elaboración propia. ..... 122
Tabla III.84. Reptiles endémicos para Quintana Roo con incidencia en la RE y el AP. Elaboración propia. ..... 122
Tabla III.85. Aves endémicas para Quintana Roo con incidencia en la RE y el AP. Elaboración propia. ..... 122
Tabla III.86. Mamíferos de importancia para la conservación y emblemáticos para Quintana Roo con incidencia en la RE y el AP. Elaboración propia. ..... 123
Tabla III.87. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) conforme al análisis SIGEIA (2026). ..... 125
Tabla III.88. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas Federales conforme al análisis SIGEIA (2026). ..... 126
Tabla III.89. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas Estatales conforme al análisis SIGEIA (2026) ..... 127

Tabla III.90. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a manglares conforme al análisis SIGEIA (2026).....127
Tabla III.91. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a humedales conforme al análisis SIGEIA (2026).....128
Tabla III.92. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a ADVCs conforme al análisis SIGEIA (2026).....129
Tabla III.93. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a UMAs conforme al análisis SIGEIA (2026).....130
Tabla III.94.. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a Cenotes (oasis).....131
Tabla III.95. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a RHPs conforme al análisis SIGEIA (2026).....131
Tabla III.96. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a RMPs conforme al análisis SIGEIA (2026).....132
Tabla III.97. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a RTPs conforme al análisis SIGEIA (2026).....133
Tabla III.98. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a Sitios Ramsar conforme al análisis SIGEIA (2026).....134
Tabla III.99. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los Corredores Bioclimáticos conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.....136
Tabla III.100. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SAP conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.....137
Tabla III.101. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SPEC conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.....138
Tabla III.102. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SPT conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.....139
Tabla III.103. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SPR conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.....141
Tabla III.104. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SPM conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.....142
Tabla III.105. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SITP conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.....143
Tabla III.106. Demografía del Municipio de Tulum. Elaboración propia.....145

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura III.1. Delimitación de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia ..... 14
Figura III.2. Representación esquemática de las interacciones consideradas para la delimitación del Área de Influencia (AI). (Tomado de Milne et al. 1996). ..... 15
Figura III.3. Polígono del Área de Influencia (AI). Elaboración propia. ..... 21
Figura III.4. Incidencia de las unidades climáticas dentro de la RE y AP. Elaboración propia... 23
Figura III.5. Incidencia de los municipios vulnerables ante el cambio climático dentro de la RE y AP. Elaboración propia. ..... 25

Figura III.6. Incidencia de las unidades geológicas dentro de la RE y AP. Elaboración propia.. 27
Figura III.7. Incidencia de las provincias y subprovincias fisiográficas dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 29
Figura III.8. Incidencia de los sistemas de topoformas dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 30
Figura III.9. Mapa riesgo por hundimiento en el RE y AP (tomado de SIGEIA, 2026). 31
Figura III.10. Incidencia de las unidades edafológicas dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 33
Figura III.11. Tipos de degradación del suelo dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 34
Figura III.12. Tipos de erosión del suelo dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 36
Figura III.13. Incidencia de las cuencas hidrológicas (CH) dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 37
Figura III.14. Incidencia de las subcuencas hidrológicas (SCH) dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 38
Figura III.15. Incidencia de las microcuencas hidrológicas (MCH) dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 38
Figura III.16. Cuerpos de agua superficiales de acuerdo con SIGEIA (2026). Elaboración propia. 39
Figura III.17. Corrientes de agua superficiales dentro de la RE y AP de acuerdo con SIGEIA (2026). Elaboración propia. 41
Figura III.18. Incidencia de los acuíferos dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 42
Figura III.19.Incidencia con los Usos de Suelo y Vegetación de la serie VII de INEGI dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 47
Figura III.20. Fotografías de las condiciones de la Vegetación Secundaria Arbórea de la Selva Mediana Subperennifolia (VSA/SMQ). Elaboración propia. 48
Figura III.20. Ubicación de los sitios de muestreo de flora silvestre dentro de la RE. Elaboración propia. 52
Figura III.20. Ubicación de los sitios de muestreo de flora silvestre dentro del AP. Elaboración propia. 52
Figura III. 22. Curva de acumulación de especies (CAE) por forma de vida para la RE. Elaboración propia. 54
Figura III. 23. Curva de acumulación de especies (CAE) por forma de vida para el AP (1). Elaboración propia. 55
Figura III. 24. Curva de acumulación de especies (CAE) por forma de vida para el AP (2). Elaboración propia. 56
Figura III. 25. Comparación de la riqueza específica por categoría taxonómica. Elaboración propia. 61
Figura III. 26. Comparación de la riqueza específica por estratos. Elaboración propia. 62
Figura III. 27. Comparación de especies listadas en la NOM-059 (Listado potencial, RE y AP). Elaboración propia. 66
Figura III. 28. Comparación de especies listadas en la IUCN (Listado potencial, RE y AP). Elaboración propia. 68
Figura III. 29. Comparación de especies listadas en el CITES (Listado potencial, RE y AP). Elaboración propia. 69

Figura III. 29. Transectos para la caracterización de la fauna silvestre dentro de la RE. Elaboración propia. 76
Figura III. 29. Transectos para la caracterización de la fauna silvestre dentro del AP. Elaboración propia. 76
Figura III.30. Ejemplo del uso de lazadas para atrapar lagartijas. Elaboración propia. 80
Figura III.31. Algunas herramientas utilizadas para realizar la búsqueda activa. Elaboración propia. 80
Figura III. 29. Trampa Tomahawk para el registro de mamíferos medianos dentro de la RE. Elaboración propia. 84
Figura III. 29. Trampa Tomahawk para el registro de mamíferos medianos dentro del AP. Elaboración propia. 84
Figura III.32. Curva de acumulación para los reptiles registrados. Elaboración propia. 86
Figura III.33. Curva de acumulación para las aves registradas. Elaboración propia. 87
Figura III.34. Curva de acumulación para los mamíferos registrados. Elaboración propia. 88
Figura III.35. Curva de acumulación para reptiles durante las etapas de muestreo. Elaboración propia. 89
Figura III.36. Curva de acumulación para las aves durante las etapas de muestreo. Elaboración propia. 90
Figura III.37. Curva de acumulación para mamíferos durante las etapas de muestreo. Elaboración propia. 91
Figura III.38. Comparación de la riqueza específica por grupo faunístico. Elaboración propia. 101
Figura III.39. Comparación de la abundancia por grupo faunístico. Elaboración propia. 101
Figura III.40. Comparación de la riqueza y abundancia de especies de anfibios. Elaboración propia. 105
Figura III.41. Comparación de la riqueza y abundancia de especies de reptiles. Elaboración propia. 107
Figura III.42. Comparación de la riqueza y abundancia de especies de Aves. Elaboración propia. 109
Figura III.43. Comparación de la estacionalidad de las especies de Aves registradas tanto para RE como para AP. 110
Figura III.44. Comparación de la riqueza y abundancia de especies de mamíferos. Elaboración propia. 111
Figura III.45. Comparación de los índices de diversidad de reptiles. Elaboración propia. 113
Figura III.46. Comparación de los índices de diversidad de aves Elaboración propia. 114
Figura III.47. Comparación de los índices de diversidad de Mamíferos. Elaboración propia. Elaboración propia. 115
Figura III.48. Especies registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la RE y el área de AP. Elaboración propia. 117
Figura III.49. Especies registradas en la IUCN de la RE y el AP. Elaboración propia. 118
Figura III.50. Especies registradas en la CITES de la RE y el AP. Elaboración propia. 119
Figura III.51.Especies registradas en el PROCER dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 120
Figura III.52. Distribución de las especies registradas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia. 121
Figura III.53. Incidencia de las AICAs dentro de la RE y AP. Elaboración propia. 125

Figura III.54. Incidencia de las ANPs Federales dentro de la RE y AP. Elaboración propia ..... 126
Figura III.55. Incidencia de las ADVCs dentro de la RE y AP. Elaboración propia..... 129
Figura III.56. Incidencia de las UMAs dentro de la RE y AP. Elaboración propia ..... 130
Figura III.57. Incidencia de las RHPs dentro de la RE y AP. Elaboración propia. ..... 132
Figura III.58. Incidencia de las RMPs dentro de la RE y AP. Elaboración propia..... 133
Figura III.59. Incidencia de las RTPs dentro de la RE y AP. Elaboración propia. ..... 134
Figura III.60. Incidencia de los Sitios RAMSAR dentro de la RE y AP. Elaboración propia. ..... 135
Figura III.61. Incidencia de los corredores bioclimáticos dentro de la RE y AP. Elaboración propia. ..... 136
Figura III.62. Incidencia de los Sitios de Atención Prioritaria dentro de la RE y AP. Elaboración propia. ..... 137
Figura III.63. Incidencia de los Sitios Prioritarios Acuáticos y Epicontinentales dentro de la RE y AP. Elaboración propia. ..... 138
Figura III.64. Incidencia de los Sitios Prioritarios Terrestres dentro de la RE y AP. Elaboración propia. ..... 140
Figura III.65. Incidencia de los Sitios Prioritarios para la Restauración dentro de la RE y AP. Elaboración propia. ..... 141
Figura III.66. Incidencia de los Sitios Prioritarios Marinos dentro de la RE y AP. Elaboración propia. ..... 142
Figura III.67. Incidencia de los Sitios de manglar de relevancia biológica dentro de la RE y AP. Elaboración propia. ..... 143

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

## III.1. DELIMITACIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA (RE)

De acuerdo con la Fracción XXXI del Artículo 3o la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), se define como Región Ecológica (RE) como la unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes, por lo que en Materia de Impacto Ambiental (MIA), su delimitación es fundamental para conocer las problemáticas ambientales dentro de esta unidad dada, y figura de análisis que ha sido instaurada dentro del ACUERDO por el que se dan a conocer las medidas de simplificación administrativa aplicadas, se expiden y modifican los formatos de los trámites a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en materia de impacto ambiental (DOF - Diario Oficial de la Federación) del 01 de abril de 2026. No obstante, elementos como la fisiografía, hidrología, uso de suelo, ordenamientos ecológicos en todas sus escalas, así como aspectos biológicos y biogeográficos son indispensables para generar una unidad discreta de análisis ambiental.

Su delimitación es un ejercicio muy puntual en donde el punto de partida son sus y ubicación del proyecto, así como sus obras a la vialidad, ya que su naturaleza requerirá consideraciones particulares para la conceptualización de la RE. No obstante, elementos como la fisiografía, hidrología, uso de suelo, ordenamientos ecológicos en todas sus escalas, así como aspectos biológicos y biogeográficos son indispensables para generar una unidad discreta de análisis ambiental.

### III.1.1. Argumentos básicos para la delimitación

A continuación, se presentan los rasgos empleados para la delimitación de la RE:

**A. <u>ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LA REGIÓN DENOMINADA CORREDOR CANCÚN-TULUM (POET CORREDOR CANCÚN-TULUM)</u>**

El Área del Proyecto (AP) se localiza dentro de 4 UGAs, del POET Corredor Cancún-Tulum, siendo estas la AH-3-4. Centros de Población de Tulum y Playa del Carmen y Nuevo Centro de Población, la CN-4-2. Sur-Oriente de Tulum, la FF-4-3. Costa Tulum-Sian Ka´an, y la AN-5-5. Zonas Arqueológicas de Tulum y Xel-Ha, con políticas que van desde el aprovechamiento hasta la protección. Derivado de que el POET mismo obedece a una zonificación de la región en donde se zonifican las superficies

dependiendo de su vocación y problemáticas, así como su inclusión y análisis del Parque Nacional Tulum, se tuvo por pertinente y adecuado emplear las delimitaciones del **POET Corredor Cancún-Tulum como la Región Ecológica (RE) de la Presente Manifestación de Impacto Ambiental.**

Al conjuntar esta información, se delimitó la **Región Ecológica (RE) con una superficie de 50,526.5903 ha (505,265,903 m²) (ANX.2. Vectores>Región Ecológica RE).** A través de esta RE se realizará el diagnóstico de los componentes ***Clima, Aire, Suelo, Agua*** **y** ***Biodiversidad.***

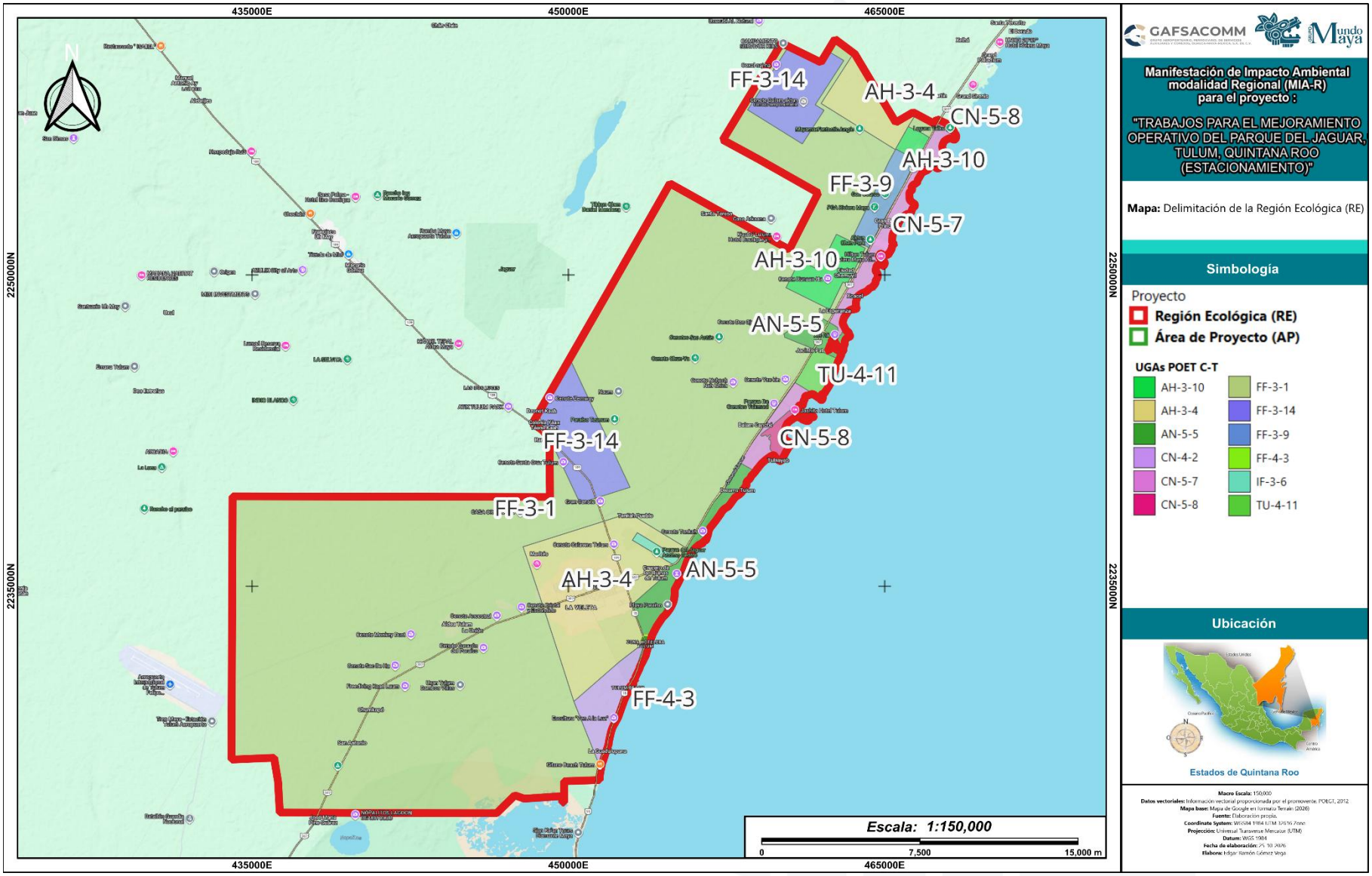



**Figura III.1. Delimitación de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia**

## III.1.2. Metodología de la delimitación del Área de Influencia (AI)

El Área de Influencia es el área o espacio geográfico, cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir el rango de afectación del proyecto, el cual dependerá de variables tanto ambientales, como del diseño de la infraestructura (Milne *et al*. 1996). Típicamente los efectos de una carretera sobre la ecología de un sistema ambientan se extienden viarias veces la amplitud del proyecto y abarcan un polígono asimétrico que refleja una serie de variables ecológicas con distancias diferentes desde cada punto de la carretera debido a la pendiente, dirección del viento, tipo de suelo, presencia humana y calidad ambiental, entre otras variables. Dicho polígono es denominado Área de Influencia (AI), definiéndose como la extensión máxima de las afectaciones directamente provocadas por las actividades del proyecto, en donde la etapa de mayor afectación es la construcción de la infraestructura.




**Figura III.2. Representación esquemática de las interacciones consideradas para la delimitación del Área de Influencia (AI). (Tomado de Milne et al. 1996).**

La metodología utilizada se encuentra basada de los trabajos de Forman and Alexander (1998) publicada en el artículo *Roads and Their Major Ecological Effects (Los Caminos Y Sus Principales Efectos Ecológicos)*: Esta unidad de análisis se delimitó tomando en cuenta las características del proyecto y los posibles impactos a generar por el desarrollo de este tipo de proyecto (Estación de Carga). El polígono preliminar de AI fue procesado en el sistema de información geográfica *QGis 3.24.0* en DATUM WGS84 y proyección UTM Zona 16, por medio de la generación de un polígono búfer que se enmarca sobre las obras ya existentes, así como sobre las vialidades (siendo esta la distancia máxima arbitraria definida por los estudios de Forman *et al* (1998).

Posteriormente para definir el área de afectación tomando en consideración los antecedentes de la investigación de la ecología de caminos (*Road Ecology*) principalmente, es necesario definir las zonas con vegetación conservada, semiconservada o relictual donde se considere la posibilidad de fauna por la afinidad al hábitat que vayan a ser fragmentados o ecosistemas frágiles que vayan a ser perturbados por el proyecto. En las zonas donde se tiene un impacto humano previo de consideración como son amplias áreas agrícolas o ganaderas se considera la extensión de afectación posible. La mayoría de las distancias están basadas en estudios específicos. La distancia de la izquierda es arbitrariamente la mitad de la derecha. El símbolo E indica que el impacto es primordialmente en zonas específicas. (Adaptado y modificado de Forman *et al* 1998).

Con base en lo anterior, se definieron los siguientes impactos ambientales que pudieran ser causados por la ejecución del proyecto, los cuales fueron utilizados de manera auxiliar para la delimitación del Área de Influencia (AI). Estos impactos pueden revisarse con mayor detalle dentro del Capítulo IV.

**Tabla III.1. Componentes y Factores ambientales susceptibles de impacto dentro de la Región Ecológica. Elaboración propia.**

| Medio | Componente ambiental | Factor ambiental | Impacto ambiental presente |
|---|---|---|---|
| Abiótico | Geoformas | Relieve | Cambio en el relieve o microrelieve |
| | Edafología | Calidad del suelo | Cambio en las características fisicoquímicas del suelo |
| | | Erodabilidad (pérdida de suelo) | Cambio en el primer horizonte de suelo (eólica / hídrica) |
| | | Permeabilidad del suelo | Posible reducción de la infiltración de agua por compactación de suelo |
| | | Composición del suelo | Pérdida de materia orgánica |
| | Aire | Calidad el aire | Aumento en la emisión de GYCEI y Partículas suspendidas |
| | | Temperatura | Aumento de temperatura del aire |
| | | Acústica | Aumento en los niveles de ruido |
| | Hidrología | Recarga de acuíferos | Variación en las superficies de infiltración |
| | | Dinámica hidrológica | Cambio en los patrones de escurrimiento y almacenamiento del agua |
| | | Calidad del agua | Cambio en las características fisicoquímicas del agua |
| Biótico | Vegetación | Diversidad de la vegetación (riqueza de especies) | Afectación de especies e individuos de flora |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| Medio | Componente ambiental | Factor ambiental | Impacto ambiental presente |
|---|---|---|---|
| | | Especies protegidas | Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT |
| | | Abundancia de la vegetación. | Afectación del número de individuos de cada especie |
| | | Cobertura vegetal | Pérdida de la cobertura vegetal |
| | | Captura de carbono | Cambio en la capacidad de captura de carbono |
| | Fauna | Diversidad de la fauna. | Afectación de especies e individuos de fauna |
| | | Especies protegidas | Afectación de especies e individuos de fauna incluidos en la NOM-059-SEMARNAT |
| | | Abundancia de la fauna. | Perturbación por contaminación auditiva y lumínica |
| | | Hábitat faunístico | Modificación y pérdida de hábitat |
| | | Efecto barrera y Patrones de distribución | Modificación de las rutas de desplazamiento |
| | | Importancia biológica | Modificación de la composición y estructura de las comunidades de fauna |
| Paisaje | Fondo escénico y estético | Calidad escénica. | Modificación de la calidad del paisaje |
| | | Fragilidad. | Modificación de superficies de conservación |
| | | Visibilidad | Modificación de la cuenca visual |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

**Tabla III.2. Componentes y factores susceptibles de presentar impactos ambientales, identificados y empleados para la delimitación del Área de Influencia (AI). Elaboración propia.**

| Medio | Componente ambiental | Factor ambiental | Impacto Ambiental | Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto | Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos) |
|---|---|---|---|---|---|
| Abiótico | Geoformas | Relieve | Alteración de la topoforma | Extracción en bancos de materiales calcáreos, cortes y terraplenes carreteros, terracerías de infraestructura lineal (vías férreas Tramo 5 Tren Maya, carreteras), caminos de acceso, minería y expansión urbana/turística. | **Impacto Negativo**, permanente o de largo plazo, puntual a local, de intensidad media a alta; modifica pendientes, microrelieves y estabilidad superficial.<br><br>Las modificaciones del relieve alteran la dinámica geomorfológica, favoreciendo procesos erosivos y cambios en la estabilidad del terreno (Tarbuck et al., 2020; Pedraza, 1996). |
| | Edafología | Calidad del suelo | Contaminación del suelo por derrames y disposición de residuos | Operación de maquinaria pesada para megaproyectos e infraestructura ferroviaria, estaciones de servicio sobre la Carretera Federal 307, tiraderos clandestinos, actividades agropecuarias, talleres automotrices y bancos de materiales. | **Impacto Negativo**, temporal o persistente, puntual, intensidad variable; puede generar acumulación de hidrocarburos, metales, residuos sólidos y cambios en pH, salinidad o materia orgánica.<br><br>Los derrames y residuos modifican las propiedades fisicoquímicas del suelo y reducen su calidad ambiental (Brady & Weil, 2017; FAO, 2015). |
| | | Erodabilidad (pérdida de suelo) | Cambio en el primer horizonte de suelo en las áreas de desmonte (erosión eólica / hídrica) | Desmontes de selva para derechos de vía de nueva infraestructura (carreteras, vías férreas), pérdida de cobertura vegetal por crecimiento inmobiliario, agricultura de temporal, apertura de caminos y bancos de material. | **Impacto Negativo**, acumulativo, local a regional, intensidad media; favorece pérdida de suelo fértil, arrastre de sedimentos y reducción de productividad edáfica.<br><br>La remoción de cobertura vegetal incrementa la erosión hídrica y eólica (Morgan, 2005; FAO, 2015). |
| | | Composición del suelo | | | |
| | | Permeabilidad | Sellamiento y compactación del suelo | Ampliación de carreteras como la Carretera Federal 307, planchas de concreto para estaciones, zonas urbanas, patios de maniobra, terracerías, tránsito de maquinaria pesada y actividades ganaderas. | **Impacto Negativo**, permanente, puntual a local, intensidad media; reduce infiltración, aumenta escurrimientos y limita aireación del suelo.<br><br>La compactación disminuye la infiltración y la aireación del suelo (Brady & Weil, 2017). |
| | Aire | Temperatura | Aumento de temperatura del aire | Pérdida de dosel forestal por derechos de vía, tránsito vehicular continuo en la Carretera 307 y caminos secundarios, actividad industrial, acelerada urbanización y operación de maquinaria pesada. | **Impacto Negativo**, acumulativo, local a regional, permanente, intensidad media.<br><br>Se generan emisiones de GYCEI principalmente de los combustibles fósiles, así como del polvo por tránsito vehicular sobre caminos y por actividades de construcción y extracción de materiales, lo que contribuye al deterioro de la calidad del aire y al incremento de gases de efecto invernadero. (IPCC, 2023; SEMARNAT, 2023). |
| | | Composición gaseosa | Aumento en la emisión de GYCEI y partículas suspendidas | | |
| | | | Disminución en la emisión de GYCEI y Partículas suspendidas | Mantenimiento de áreas remanentes de selva mediana, áreas naturales protegidas dentro de la RE, programas integrales de compensación y restauración ambiental de megaproyectos y control de emisiones. | **Impacto Positivo**, local a regional, acumulativo, de mediano a largo plazo, intensidad baja a media.<br><br>La cobertura vegetal existente contribuye a la captura de dióxido de carbono y a la retención de partículas suspendidas, favoreciendo el mantenimiento de la calidad del aire en áreas con limitada actividad industrial y baja densidad poblacional. Las medidas de revegetación y control reducen emisiones difusas en el ambiente (IPCC, 2023). |
| | | Acústica | Aumento en los niveles de ruido | Movimiento de tierras, construcción de vías generales de comunicación, tránsito intenso en la carretera Cancún-Tulum, operación de aeropuertos regionales, urbanización y maquinaria pesada. | **Impacto Negativo**, temporal a permanente, local, intensidad media.<br><br>El funcionamiento de vehículos, maquinaria y equipos genera un incremento en los niveles de presión sonora, pudiendo alterar el ambiente acústico y ocasionar molestias a la |

| Medio | Componente ambiental | Factor ambiental | Impacto Ambiental | Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto | Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | población y perturbación de la fauna silvestre, particularmente en zonas cercanas a las fuentes emisoras. El ruido modifica el comportamiento de fauna y afecta el bienestar de la población aledaña (WHO, 2018). |
| | Hidrología | Dinámica hidrológica | Cambio en los patrones de escurrimiento | Caminos, terraplenes ferroviarios y carreteros que fungen como barreras, obras de drenaje transversal, expansión de la mancha urbana, desmontes y modificación topográfica en canteras. | **Impacto Negativo**, acumulativo, local a regional, intensidad media; modifica la dirección, velocidad y volumen del escurrimiento superficial.<br><br>Las superficies impermeables alteran el balance hidrológico en la RE (Chow *et al.*, 1988; Dingman, 2015). |
| | | Recarga de acuíferos | Infiltración del agua y recarga de acuífero (almacenamiento de agua) | Sellamiento del suelo por pavimentos de nueva infraestructura vial y ferroviaria, deforestación masiva, crecimiento habitacional/turístico y pérdida de zonas de infiltración natural. | **Impacto Negativo**, permanente o de largo plazo, local a regional, intensidad media; reduce almacenamiento hídrico y puede incrementar presión sobre acuíferos.<br><br>Debido a las actividades que implican el sellamiento de suelo se ha visto que la infiltración de agua a aguas subterráneas disminuye por pérdida de permeabilidad (CONAGUA, 2024; Chow *et al.*, 1988). |
| | | Calidad del agua superficial y subterránea | Disminución de la calidad o contaminación del agua superficial y subterránea | Descargas de aguas residuales urbanas insuficientemente tratadas hacia cenotes/acuífero, residuos sólidos, arrastre de sedimentos por obra civil, uso de agroquímicos y derrames por talleres y maquinaria. | **Impacto Negativo**, temporal a persistente, puntual a regional, intensidad variable; puede alterar turbidez, nutrientes, hidrocarburos, metales y carga orgánica.<br><br>La calidad del agua se ha visto deteriorada por la acumulación de sedimentos y contaminantes en cuerpos de agua (CONAGUA, 2024). |
| | | Nivel del agua subterránea | | | |
| Biótico | Vegetación | Cobertura vegetal | Perdida de cobertura vegetal y fragmentación del hábitat | Desmontes masivos para la construcción de derechos de vía ferroviarios y viales, crecimiento urbano, minería calcárea, desarrollo inmobiliario y cambio de uso de suelo. | **Impacto Negativo**, acumulativo, local a regional, intensidad media a alta; reduce conectividad, cobertura y continuidad de comunidades vegetales.<br><br>La pérdida de cobertura reduce servicios ecosistémicos y resiliencia (Rzedowski, 2006; CONABIO, 2016).<br>La fragmentación incrementa el efecto de borde y reduce conectividad (Forman & Godron, 1986; Fahrig, 2003). |
| | | Densidad de la vegetación | Cambios en las interacciones ecológicas y alteración de la sucesión ecológica (Resiliencia, recuperación y crecimiento de la vegetación de la zona) | Fragmentación por infraestructura lineal (carreteras, ferrovías), desmontes, introducción de especies invasoras en frentes de obra, extracción de leña e incendios, agricultura y ganadería | **Impacto Negativo**, acumulativo, local, intensidad media; altera regeneración natural, dispersión, polinización y resiliencia del ecosistema.<br><br>Debido a estas actividades los disturbios modifican la sucesión ecológica (Pickett & White, 1985). |
| | | Captura de carbono | | | |
| | | Diversidad de la vegetación (riqueza de especies) | Disminución o afectación a la población de individuos de flora silvestre | Remoción de selva para megaproyectos y urbanización, aprovechamiento forestal, expansión agrícola y tránsito intensivo que afecta hábitats nativos. | **Impacto Negativo**, directo, local, intensidad media; puede reducir abundancia, cobertura, reclutamiento y composición florística.<br><br>La remoción de la vegetación ha ocasionado una alteración en los hábitats de las especies locales lo que ha afectado en su riqueza y abundancia florística (Rzedowski, 2006). |
| | | Abundancia de la vegetación | | | |
| | | Especies protegidas de la flora silvestre | Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de flora silvestre | Extracción y fragmentación forestal, necesidad de rescate de palmas, orquídeas y cícadas en polígonos de infraestructura, cambios de uso de suelo e incendios, incremento de áreas agrícolas y ganaderas | **Impacto Negativo**, significativo cuando involucra especies en riesgo, puntual a local, intensidad media a alta; requiere rescate, reubicación y monitoreo.<br><br>Las especies en riesgo requieren medidas específicas (SEMARNAT, 2010; IUCN, 2024; CITES, 2023). |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| Medio | Componente ambiental | Factor ambiental | Impacto Ambiental | Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto | Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos) |
|---|---|---|---|---|---|
| | Fauna | Abundancia de la fauna | Perturbación y ahuyentamiento de individuos por contaminación auditiva y lumínica (abandono de nidos y madrigueras) | Operación de maquinaria de construcción en selva, tránsito continuo diurno y nocturno en la Carretera 307, asentamientos humanos e industria en expansión. | **Impacto Negativo**, temporal o recurrente, local, intensidad baja a media; puede provocar desplazamiento, abandono de nidos, madrigueras o zonas de alimentación.<br><br>El ruido y la luz alteran el comportamiento y la reproducción de las especies locales (Primack, 2020). |
| | | Diversidad de la fauna silvestre | Disminución o afectación en la abundancia y riqueza de la población de individuos de fauna silvestre | Riesgo elevado de atropellamiento faunístico en carreteras existentes y nuevos accesos, pérdida directa de hábitat, fragmentación forestal y presencia humana. | **Impacto Negativo**, acumulativo, local a regional, intensidad media; afecta disponibilidad de refugio, alimento y sitios reproductivos.<br><br>Las poblaciones de las especies que habitan en ese lugar se ven afectadas por lo que se requiere su rescate y monitoreo (SEMARNAT, 2010). |
| | | Especies protegidas de la fauna silvestre | Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de fauna silvestre | Impacto sobre mamíferos mayores (ej. jaguar) y primates por cambio de uso de suelo, tráfico vehicular, fragmentación de corredores y pérdida de hábitat nativo. | **Impacto Negativo**, potencialmente significativo, local, intensidad media a alta; requiere acciones de rescate, ahuyentamiento, reubicación y seguimiento.<br><br>La reducción del hábitat disminuye poblaciones sobre todo las de las especies más expuestas o en peligro de extinción (Primack, 2020). |
| | | Importancia biológica | Fragmentación, modificación y pérdida de hábitat y microhábitat | Trazos de líneas de infraestructura vial y eléctrica, ampliación de carreteras, deforestación para bancos de materiales y avance urbano hacia la selva. | **Impacto Negativo**, permanente o de largo plazo, local a regional, intensidad media a alta; reduce refugios, madrigueras, perchas, sitios de anidación y rutas de desplazamiento.<br><br>La pérdida de hábitat ha afectado el refugio y alimentación de muchas especies locales (Forman, 1995). |
| | | Hábitat faunístico | | | |
| | | Patrones de distribución | Alteración en los corredores biológicos y la conectividad entre poblaciones de especies de fauna silvestre | Efecto barrera consolidado por la infraestructura lineal y el crecimiento urbano que intersectan el corredor biológico, haciendo indispensable la instrumentación de pasos de fauna. | **Impacto Negativo**, sinérgico y acumulativo, local a regional, intensidad media; limita flujo genético y movilidad de especies.<br><br>La conectividad ecológica disminuido debido a la implementación de infraestructura lineal y el desarrollo urbano (Fahrig, 2003). |
| | | Efecto barrera | | | |
| Paisaje | Fondo escénico y estético | Calidad escénica | Alteración de la calidad escénica por las actividades constructivas y la nueva infraestructura | Incursión de grandes estructuras (viaductos, estaciones férreas, aeropuertos), operación de bancos de materiales, desmontes masivos y urbanización sobre paisaje forestal y costero. | **Impacto Negativo**, directo, local, intensidad media; modifica naturalidad, visibilidad y armonía del paisaje.<br><br>La infraestructura dentro de la RE ha modificado la percepción visual del paisaje (Farina, 2006). |
| | | Visibilidad | Fragilidad del paisaje por consecuencia de remoción de vegetación forestal y la capa superficial de suelo (disminución de superficies conservadas y viables para la conservación) | Remoción del dosel de selva y despalme exponiendo sustratos calcáreos, aperturas de tajos en bancos de sascab, urbanización descontrolada y expansión de servicios. | **Impacto Negativo**, acumulativo, local, intensidad media; aumenta vulnerabilidad visual y ecológica del territorio.<br><br>La pérdida de cobertura y el deterioro de los ecosistemas dentro de la RE debido a la agricultura y ganadería, así como los núcleos urbanos e industriales actuales en el área han ocasionado un incremento de la fragilidad paisajística. |

El polígono es ajustado finalmente con las distancias definidas en el gráfico siguiente de acuerdo con la calidad ambiental principalmente, y de los criterios

anteriormente mencionados, teniendo una mayor amplitud en las zonas de mayor rango de actividad de fauna y con mayor calidad ambiental. Finalmente se ajustó el polígono del AI con los criterios anteriores, lo que nos arrojó un polígono con una superficie de 2.0124 ha (20,124 m$^2$) **(ANX.2. Vectores>Área de Influencia (AI)).**

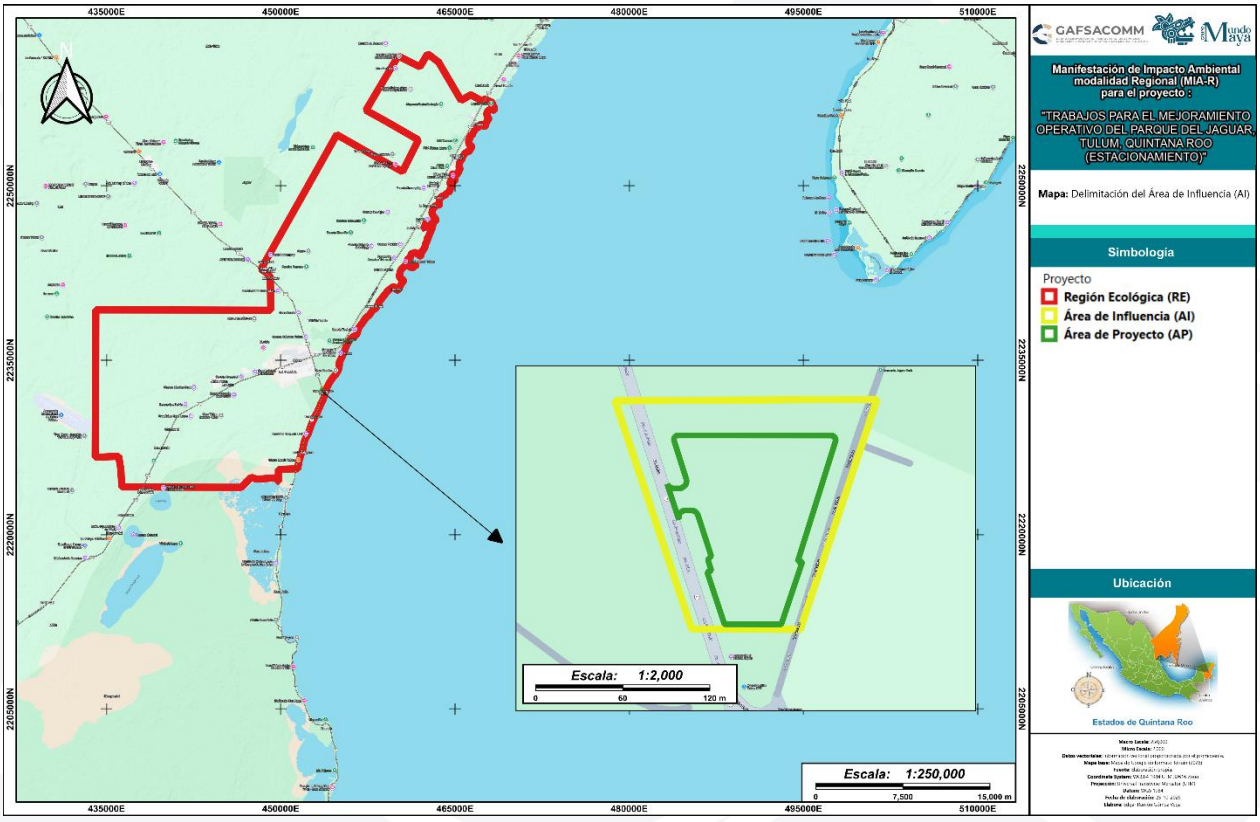



**Figura III.3. Polígono del Área de Influencia (AI). Elaboración propia.**

A continuación, se presenta el análisis de incidencia y caracterización de los componentes ***Clima, Aire, Agua, Suelo, Geología y Biodiversidad*** a través del análisis del Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) e información de la CONABIO e INEGI.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

# III.2. CLIMA

## III.2.1. Unidades climatológicas

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** García, E. - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998). 'Climas' (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México.

El tipo de clima con mayor superficie en la RE corresponde a Aw1(x') cálido subhúmedo con una incidencia del 69.20% en la superficie total seguido por el subtipo de clima Aw2(x') que también corresponde al grupo de los cálidos subhúmedos e incide en un 30.01%. Por otro lado, el AP no tiene una incidencia directa con el vector de tipos de clima, sin embargo, se considera que es 100% cálido subhúmedo de tipo Aw1(x') al ser el subtipo de clima más cercano al polígono del AP.

**Tabla III.3. Incidencia de las unidades climáticas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.**

| Clima | Descripción | Superficie de incidencia ($m^2$) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|
| Aw1(x') | Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual. | 349,652,693 | 69.20 |
| Aw2(x') | Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual. | 151,612,827 | 30.01 |
| N/A | Sin información del vector | 4,000,383 | 0.79 |
| **Total** | | **505,265,903** | **100.00** |

**Tabla III.4. Incidencia de las unidades climáticas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.**

| Clima | Descripción | Superficie de incidencia ($m^2$) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|
| Aw1(x') | Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual. | 10,000 | 100.00 |
| **Total** | | **10,000** | **100.00** |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

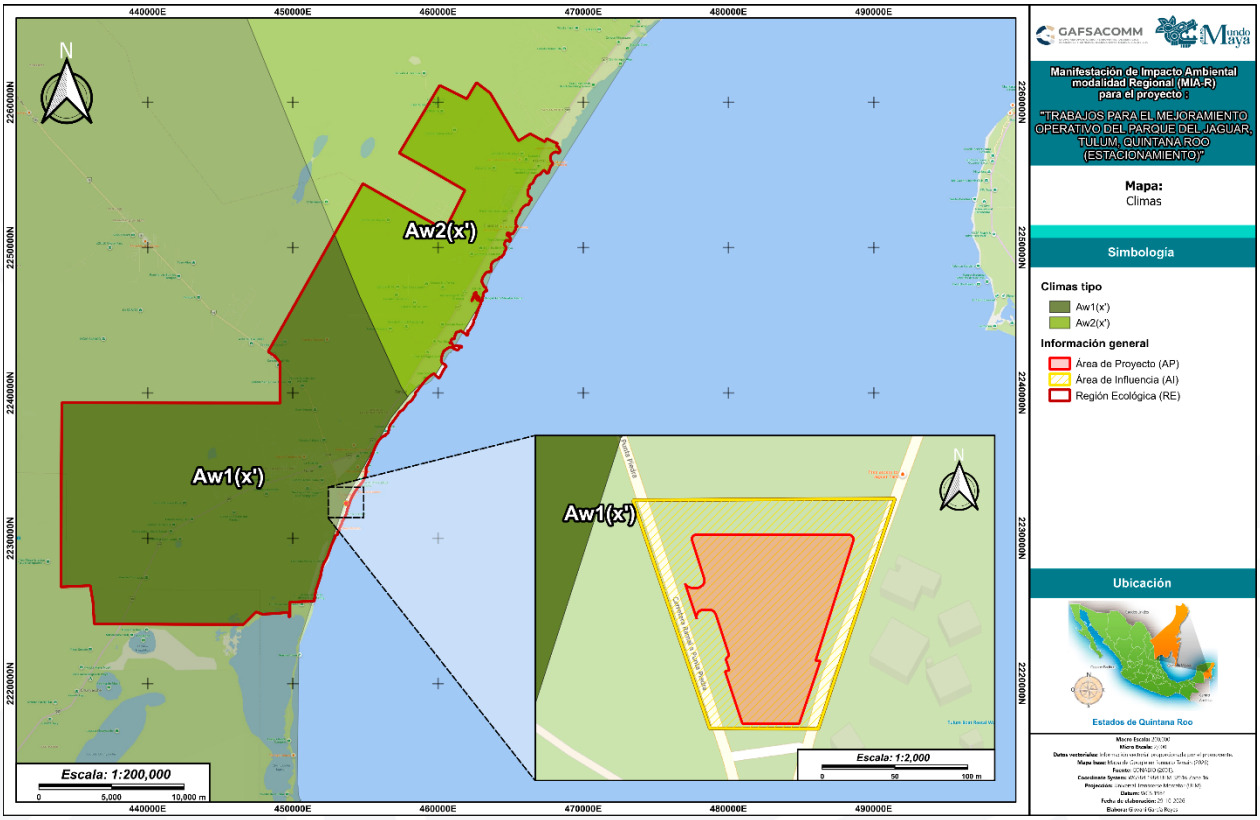



**Figura III.4. Incidencia de las unidades climáticas dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

### *a) Temperatura*

De acuerdo con los datos históricos de las normales climatológicas más actualizadas por la CONAGUA, para la RE, se registró únicamente una estación climatológica la cual corresponde a Tulum, donde se determina una temperatura promedio anual de 25.6°C, donde los meses más cálidos son julio y agosto, mientras que los que presentan una menor temperatura son los meses de diciembre y enero.

**Tabla III.5. Temperatura media normal promedio por estación climatológica. Elaboración propia.**

| Estación | Nombre y fecha actualizada | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23025 | Tulum | 23.6 | 24.4 | 25.6 | 26.1 | 26.6 | 26.8 | 26.9 | 26.9 | 26.6 | 25.7 | 24.6 | 24.1 | 25.6 |

### *b) Precipitación*

La temporada de lluvias se presenta entre los meses de mayo a octubre, teniendo una precipitación acumulada normal de 1120.5 mm en para la estación analizada. El mes de octubre presenta la mayor cantidad de incidencia pluvial, con un valor de 204.2 mm. Por el contrario, el mes más seco es marzo, con un valor de 33 mm.

**Tabla III.6. Precipitación promedio (mm) estación climatológica Cumbres de Huicicila - 18083. Elaboración propia.**

| Estación | Nombre y fecha actualizada | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23025 | Tulum | 60.4 | 41.8 | 33 | 40.3 | 89.7 | 150.5 | 98.2 | 91 | 177.1 | 204.2 | 92.1 | 42.2 | 1120.5 |

## III.2.2. Riesgos climatológicos y eventos extremos

**Análisis de incidencia:** Sistema Nacional de Información Sobre Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2026).

**Vector de origen:** http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/portal/fenomenos/

- **Sequía**

| | |
|---|---|
| **Riesgo en la RE:** Presenta un riesgo predominantemente **MEDIO** con una fracción de riesgo **ALTO** en norte y **BAJO** en la parte sur. | **Peligro en el RE:** predominantemente es **MEDIO,** con una pequeña porción hacia el sur en riesgo **ALTO.** |
| **Riesgo en el AP:** es considerado totalmente **MEDIO.** | **Peligro en el AP:** es considerado totalmente **MEDIO.** |

- **Bajas temperaturas (heladas)**

| | |
|---|---|
| **Riesgo en la RE:** es considerado totalmente **MUY BAJO** | **Peligro en el RE:** es considerado totalmente **MUY BAJO**. |
| **Riesgo en el AP:** es considerado totalmente **MUY BAJO** | **Peligro en el AP:** es considerado totalmente **MUY BAJO**. |

- **Ciclones tropicales**

| | |
|---|---|
| **Riesgo en la RE:** es considerado totalmente **MUY ALTO.** | **Peligro en el RE:** predominantemente es **ALTO,** con una pequeña porción hacia el norte en riesgo **MUY ALTO.** |
| **Riesgo en el AP:** es considerado totalmente **MUY ALTO.** | **Peligro en el AP:** es considerado totalmente **ALTO.** |

- **Tormentas eléctricas**

| | |
|---|---|
| **Riesgo en la RE:** es considerado totalmente **MUY BAJO.** | **Peligro en el RE:** es considerado totalmente **BAJO.** |
| **Riesgo en el AP:** es considerado totalmente **MUY BAJO.** | **Peligro en el AP:** es considerado totalmente **BAJO.** |

### *a) Vulnerabilidad ante el cambio climático*

Para realizar el análisis de vulnerabilidad actual y futura, el INECC usa la metodología propuesta por el IPCC (2007), que se retoma en la Ley General de Cambio Climático (2012) y que considera que la vulnerabilidad está en función de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa. Con ello, se identificó el nivel de priorización ante la vulnerabilidad al cambio climático que presenta en la actualidad, por ello, se determinó que dentro de la RE se presentó grado de vulnerabilidad ante el cambio

climático de primer nivel solamente en las pequeñas fracciones de la RE que inciden de los municipios de Solidaridad y Felipe Carrillo Puerto. En tanto, el AP al estar dentro del municipio de Tulum no tiene incidencia con ningún nivel de priorización.

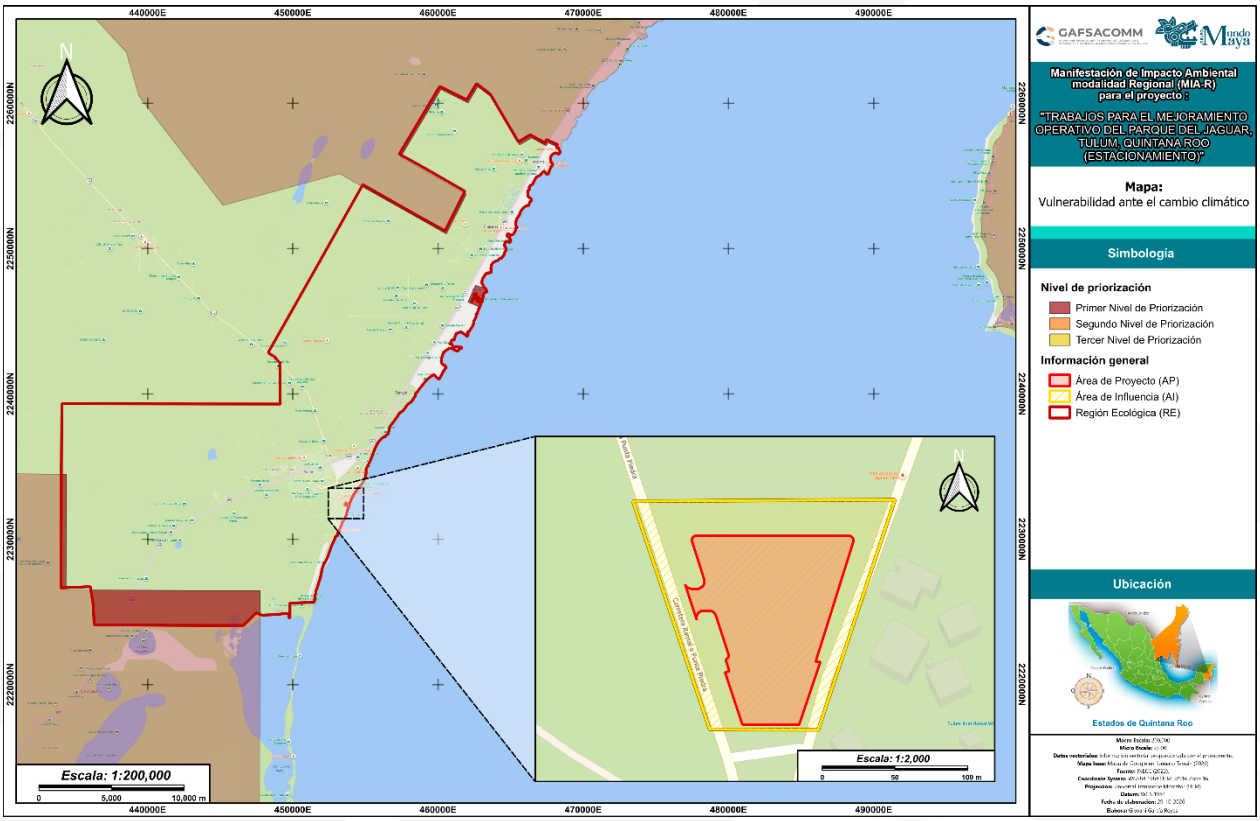



**Figura III.5. Incidencia de los municipios vulnerables ante el cambio climático dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

# III.3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

## III.3.1. Geología

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Continuo Nacional Geológico – INEGI–SGM (Escala 1:250 000).

De acuerdo con la clasificación de INEGI y el portal del Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), de la superficie total de la RE definida para el Proyecto, el 90.87%, corresponde a Caliza-Coquina TmplCz-Cq del periodo Cenozóico, otro 3.88 % corresponde rocas lagunares cenozoicas de clave Qholg, otro 2.88% a areniscas de clave Qpt(?)Ar y el resto se reparte entre rocas litorales, cuerpos de agua y áreas sin incidencia del vector. En el caso del AP, el único tipo de roca que incide es Litoral de clave Qholi del periodo Cuaternario.

**Tabla III.7. Incidencia de las unidades geológicas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.**

| Litología | Era | Perido | Clave SGM | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| No aplicable | No aplicable | No aplicable | H2O | 894,010 | 0.18 |
| Lagunar | Cenozoico | Cuaternario | Qholg | 19,596,850 | 3.88 |
| Litoral | Cenozoico | Cuaternario | Qholi | 8,216,983 | 1.63 |
| Arenisca | Cenozoico | Cuaternario | Qpt(?)Ar | 14,550,127 | 2.88 |
| Caliza-Coquina | Cenozoico | Neógeno | TmplCz-Cq | 459,160,275 | 90.87 |
| Sin incidencia del vector | No aplicable | No aplicable | No aplicable | 2,847,657 | 0.56 |
| **Total** | | | | **505,265,903** | **100.00** |

**Tabla III.8. Incidencia de las unidades geológicas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.**

| Litología | Era | Período | Clave | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Litoral | Cenozoico | Cuaternario | Qholi | 10,000 | 100 |
| **Total** | | | | **10,000** | **100.00** |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

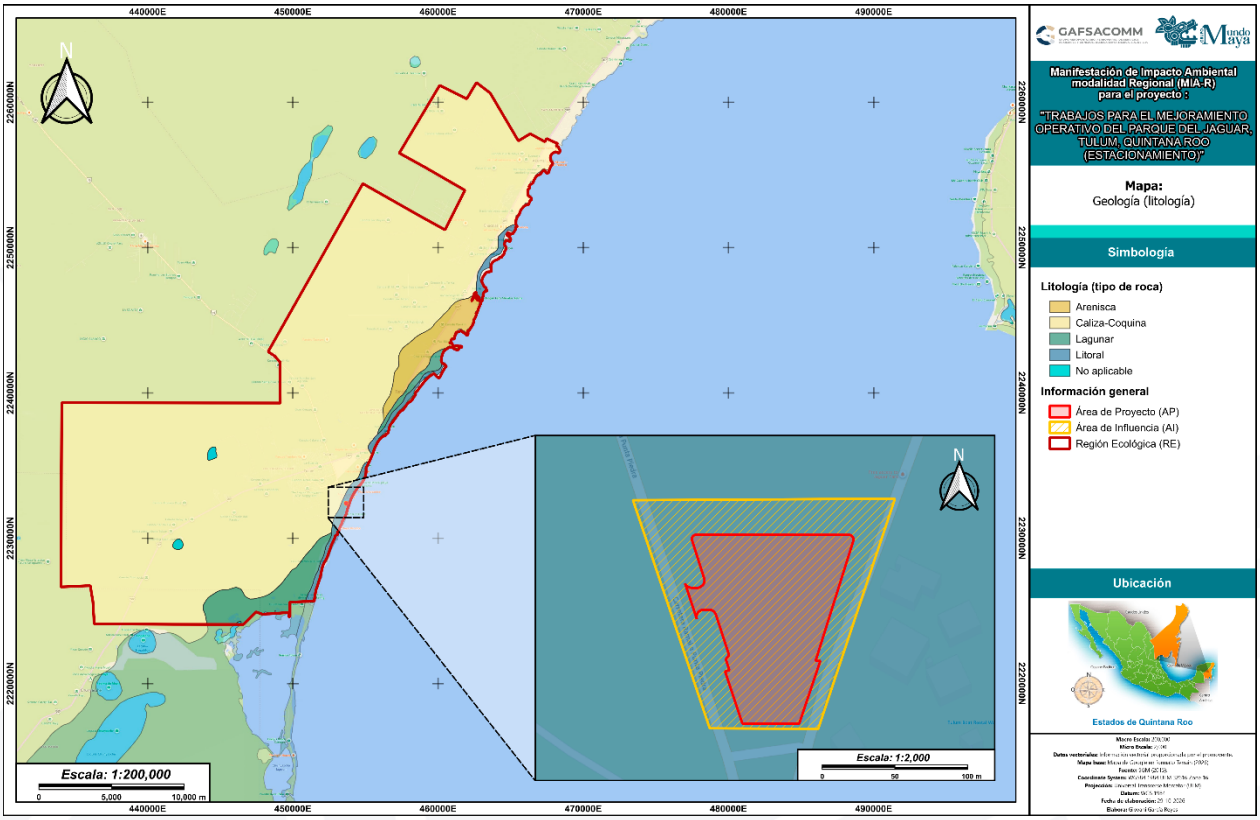



**Figura III.6. Incidencia de las unidades geológicas dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.3.2. Provincias geológicas

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Continuo Nacional Geológico – INEGI–SGM (Escala 1:250 000).

Tanto la Región Ecológica (RE) como el Área del Proyecto (AP) se encuentran inmersos completamente dentro de la Provincia Geológica Plataforma de Yucatán.

**Tabla III.9. Incidencia de las provincias geológicas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.**

| Provincia geológica | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|
| Plataforma de Yucatán | 505,265,903 | 100.00 |
| **Total** | **505,265,903** | **100.00** |

**Tabla III.10. Incidencia de las provincias geológicas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.**

| Provincia geológica | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|
| Plataforma de Yucatán | 10,000 | 100.00 |
| **Total** | **10,000** | **100.00** |

### III.3.3. Fisiografía

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Provincias y Subprovincias Fisiográficas. INEGI. 1:4,000,000.

Tanto la Región Ecológica (RE) como el Área del Proyecto (AP) se encuentran en su totalidad en la provincia fisiográfica Península de Yucatán, sin embargo, la RE a su vez se encuentra dentro de dos subprovincias fisiográficas correspondiendo a las de Costa Baja de Quintana Roo, en la que incide solamente en un 0.02%, mientras que en la subprovincia de Carso Yucateco incide en un 99.81%. En tanto al AP se resalta que incide en su totalidad dentro de la subprovincia denominada como Carso Yucateco.

**Tabla III.11. Incidencias de las provincias y subprovincias fisiográficas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.**

| Provincia Fisiográfica | Subprovincia Fisiográfica | Superficie de incidencia ($m^2$) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|
| Península de Yucatán | Carso Yucateco | 504,327,437 | 99.81 |
| | Costa Baja de Quintana Roo | 95,010 | 0.02 |
| Sin incidencia del vector | Sin incidencia del vector | 843,456 | 0.17 |
| **Total** | | **505,265,903** | **100.00** |

**Tabla III.12. Incidencias de las provincias y subprovincias fisiográficas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.**

| Provincia fisiográfica | Subprovincia fisiográfica | Superficie de incidencia ($m^2$) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|
| Península de Yucatán | Carso Yucateco | 10,000 | 100.00 |
| **Total** | | **10,000** | **100.00** |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

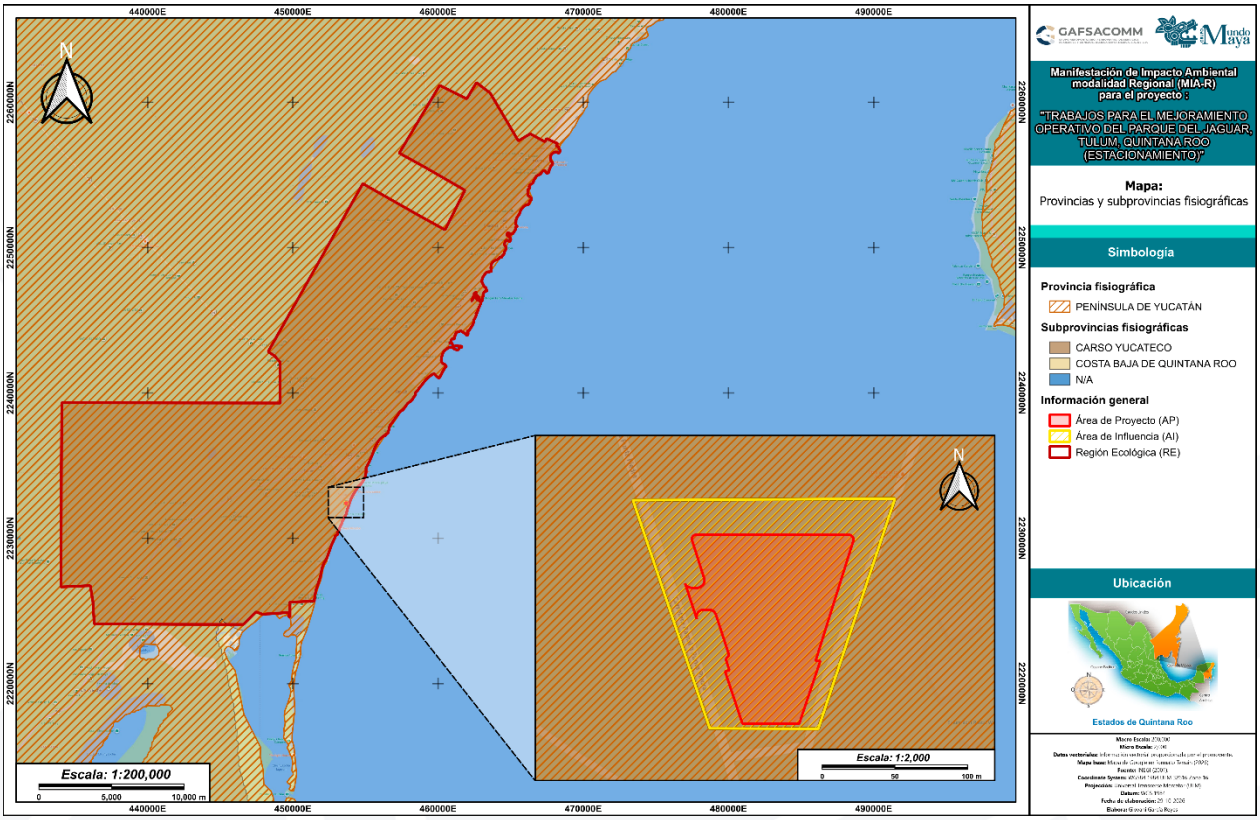



**Figura III.7. Incidencia de las provincias y subprovincias fisiográficas dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.3.4. Sistema de topoformas

En la RE se identificó la incidencia de 3 topoformas: La llanura rocosa de piso rocoso o cementado es la que presenta una mayor superficie de incidencia con 88.16 % seguida de la Playa o barra de piso rocoso o cementado con 11.66% y con la Playa o barra inundable y salina en un 0.02%. En el caso del AP, sólo incide dentro de la topoforma Playa o barra de piso rocoso o cementado.

**Tabla III.13. Incidencia del sistema de topoformas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.**

| Sistema de topoformas | Superficie de incidencia ($m^2$) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|
| Llanura rocosa de piso rocoso o cementado | 445,437,872 | 88.16 |
| Playa o barra de piso rocoso o cementado | 58,889,584 | 11.66 |
| Playa o barra inundable y salina | 95,012 | 0.02 |
| Sin incidencias del vector | 843,435 | 0.17 |
| **Total** | **505,265,903** | **100.00** |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

**Tabla III.14. Incidencia del sistema de topoformas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.**

| Topoforma | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|
| Playa o barra de piso rocoso o cementado | 10,000 | 100.00 |
| **Total** | **10,000** | **100.00** |

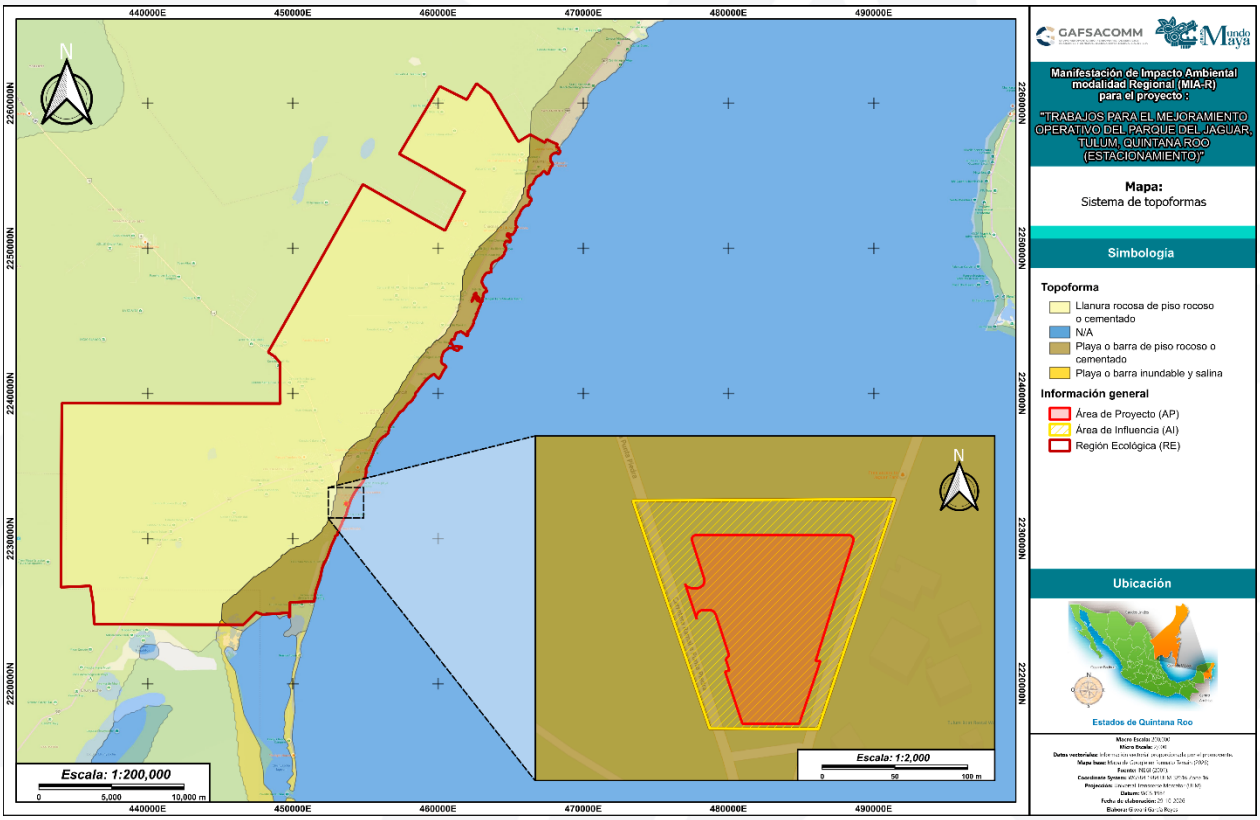



**Figura III.8. Incidencia de los sistemas de topoformas dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.3.5. Riesgos geológicos y geomorfológicos

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Peligros Geomorfológicos. INEGI, SGM, UNAM (Instituto de Geología). 1:250,000.

- **Fallas y fracturas**

Dentro del AP no hay incidencia de fallas y fracturas, en cambio dentro de la RE existe la incidencia de dos fracturas ambas en su parte norteña; una que va de noroeste a sureste y otra que va de noreste a suroeste.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

- **Riesgo por hundimiento**

Se identificó que 16,955,517 m² (3.36%) de la superficie total presenta riesgo por hundimiento por subsidencia, así como 303,491 m² (0.06%) más presentan riesgo por hundimiento por colapso o asentamiento superficial del terreno.

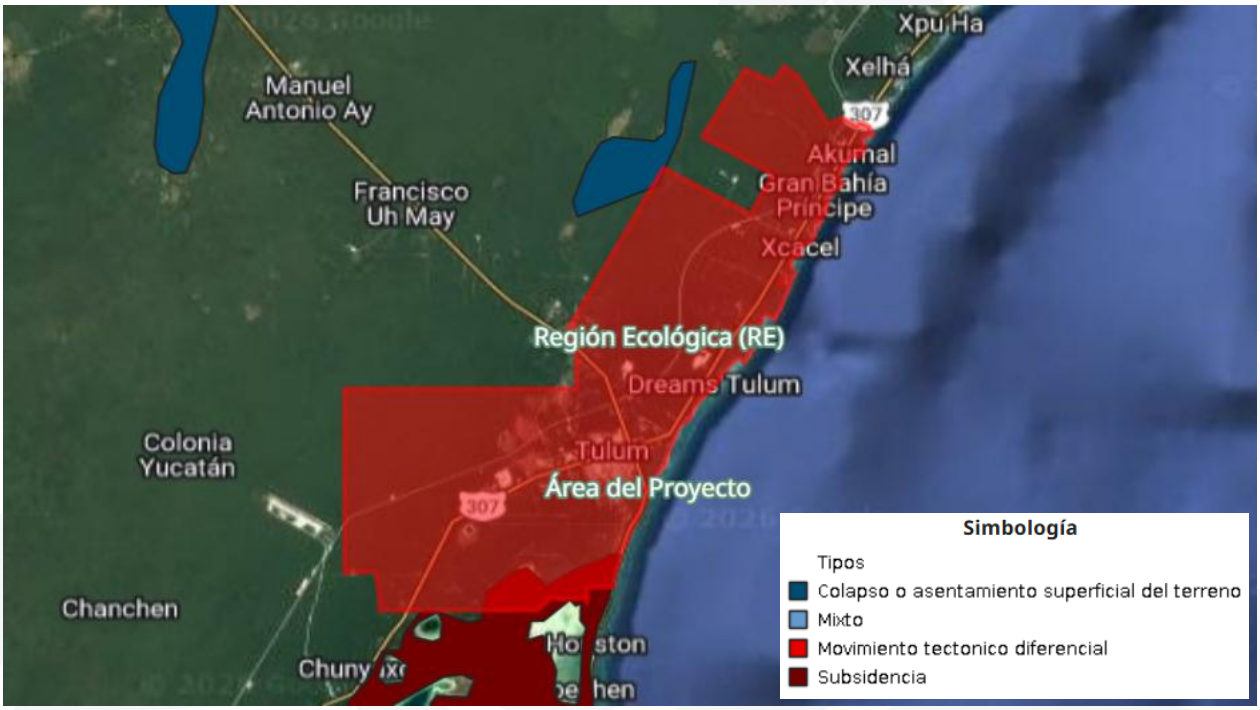



**Figura III.9. Mapa riesgo por hundimiento en el RE y AP (tomado de SIGEIA, 2026).**

**Análisis de incidencia:** Sistema Nacional de Información Sobre Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2026).

**Vector de origen:** http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/portal/fenomenos/

- **Susceptibilidad por inestabilidad de laderas**

| | |
|---|---|
| **Riesgo en la RE:** considerado completamente **BAJO.** | **Peligro en el RE:** considerado completamente **MUY BAJO.** |
| **Riesgo en el AP:** considerado completamente **BAJO.** | **Peligro en el AP:** considerado completamente **MUY BAJO**. |

- **Riesgo por sismos**

| | |
|---|---|
| **Riesgo en la RE:** considerado completamente **BAJO.** | **Peligro en el RE:** considerado completamente **BAJO.** |
| **Riesgo en el AP:** considerado completamente **BAJO.** | **Peligro en el AP:** considerado completamente **BAJO.** |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

# III.4. SUELO

## III.4.1. Unidades edafológicas

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Conjunto Nacional de Información Edafológica, escala 1:250 000 Serie III.

En la RE se encuentran presentes 14 unidades edafológicas, donde predomina el Phaeozem de textura media con clave PHlep-lv+LPli-hu+CMlen/2 con un 26.58 %, seguido del Leptosol de textura media con clave LPrz-hu2P con un 21.76 %, y el Leptosol de textura media y clave LPrz-hu+LVlen-cr+PHrz/2 con un 19.18 %. Las claves edafológicas restantes representan menos del 12% cada una.

**Tabla III.15. Incidencia de las unidades edafológicas dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.**

| Tipo de suelo | Clave | Textura | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|---|
| Arenosol | ARso-ca/1 | Gruesa | 28,426,277 | 5.63 |
| | ARso-ca+LPrz-hu/1 | Gruesa | 5,141,432 | 1.02 |
| Gleysol | GLeu-hu/2 | Media | 14,539,459 | 2.88 |
| | GLmo-st/2 | Media | 3,366,440 | 0.67 |
| Histosol | HSfi-lep+STlen-ca+LPrz/2 | Media | 2,686,622 | 0.53 |
| Leptosol | LPrz-hu2P | Media | 109,952,690 | 21.76 |
| | LPrz-hu+LVlen-cr+PHrz/2 | Media | 96,894,938 | 19.18 |
| | LPrz-hu+PHrz-lep/2 | Media | 22,502,552 | 4.45 |
| | LPsk-rz+LPli-hu+PHlep/2 | Media | 61,087,889 | 12.09 |
| Phaeozem | PHlep-lv+LPli-hu+CMlen/2 | Media | 134,275,625 | 26.58 |
| Suelo cubierto por agua | SA | No aplicable | 57,982 | 0.01 |
| Solonchak | SCgl-so+GLst-so+ARso/1 | Gruesa | 7,397,280 | 1.46 |
| | SCgl-st+GLeu-hu/1 | Gruesa | 4,439,041 | 0.88 |
| Technosol | TCek-ub | No aplicable | 13,683,535 | 2.71 |
| Sin información del vector | No aplicable | No aplicable | 814,141 | 0.16 |
| **Total** | | | **505,265,903** | **100.00** |

En el caso del AP, este sólo incide dentro del tipo Arenosol de textura gruesa y clave ARso-ca/1, representando así el 100 % de incidencia.

**Tabla III.16. Incidencia de las unidades edafológicas dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.**

| Tipo de suelo | Clave | Textura | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|---|
| Arenosol | ARso-ca/1 | Gruesa | 10,000 | 100.00 |
| **Total** | | | **10,000** | **100.00** |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

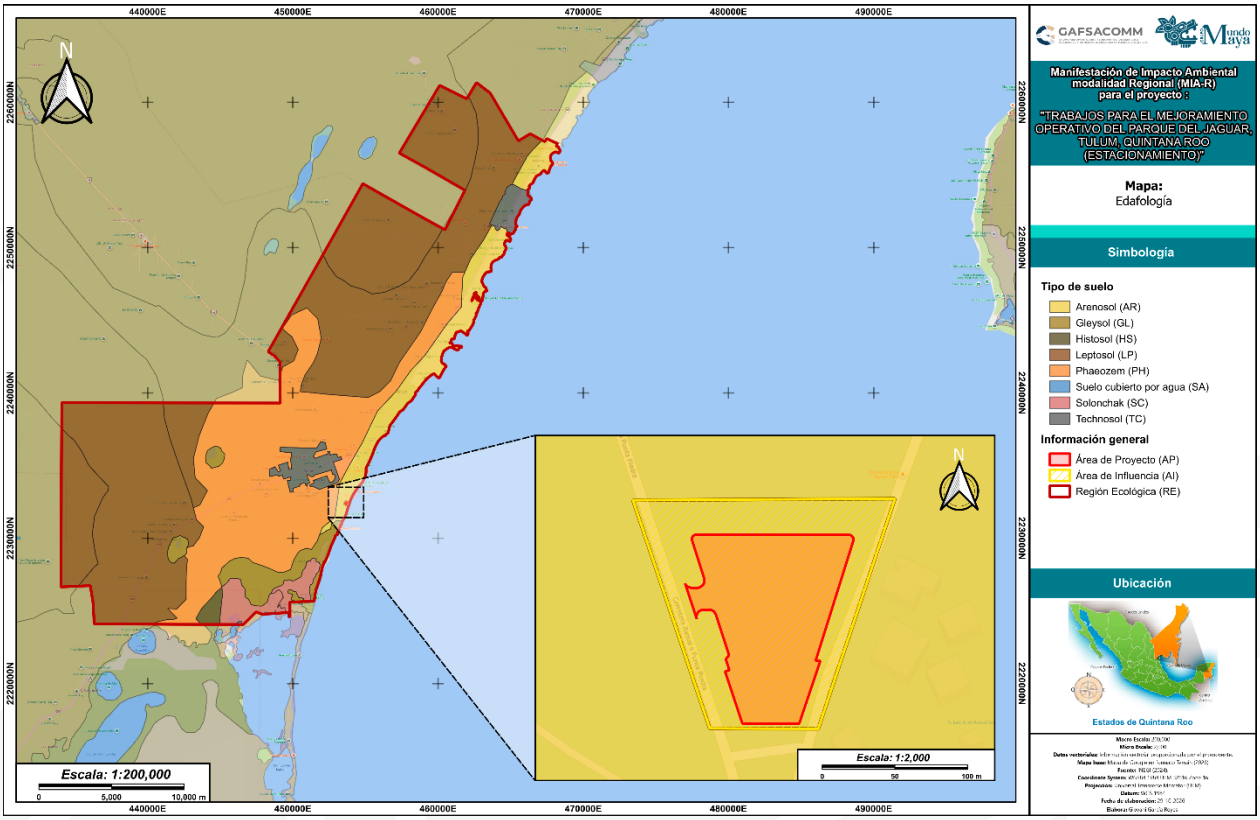



**Figura III.10. Incidencia de las unidades edafológicas dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.4.2. Degradación del suelo

**Análisis de incidencia:** GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

**Vector de origen:** Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000.

Dentro de la RE se determinó que el grado de degradación del suelo va de **LIGERO** a **EXTREMO**, en donde predomina la degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica en grado **LIGERO** debido a actividades agrícolas, con una incidencia con el 23.37% sobre la superficie total, mientras que la menor incidencia se presenta en grado **EXTREMO** por degradación física por pérdida de la función productiva causada por urbanización en un 4.33% de la superficie. Así mismo la degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica causada por deforestación y remoción de la vegetación solamente incide en un 0.002% por lo que se considera de bajo impacto en el presente estudio. Así mismo se resalta que el AP no tiene incidencia con algún tipo de degradación.

**Tabla III.17. Incidencia de tipos y causas de degradación del suelo dentro de la RE. Elaboración propia.**

| TIPO | GRADO | CAUSA | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|---|
| Degradación física por pérdida de la función productiva | Extremo | Urbanización | 21,870,323 | 4.33 |
| Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica | Ligero | Deforestación y remoción de la vegetación | 12,444 | 0.002 |
| | | Actividades agrícolas | 118,098,925 | 23.37 |
| Sin información del vector | Sin información del vector | Sin información del vector | 365,284,211 | 72.30 |
| **Total** | | | **505,265,903** | **100.00** |

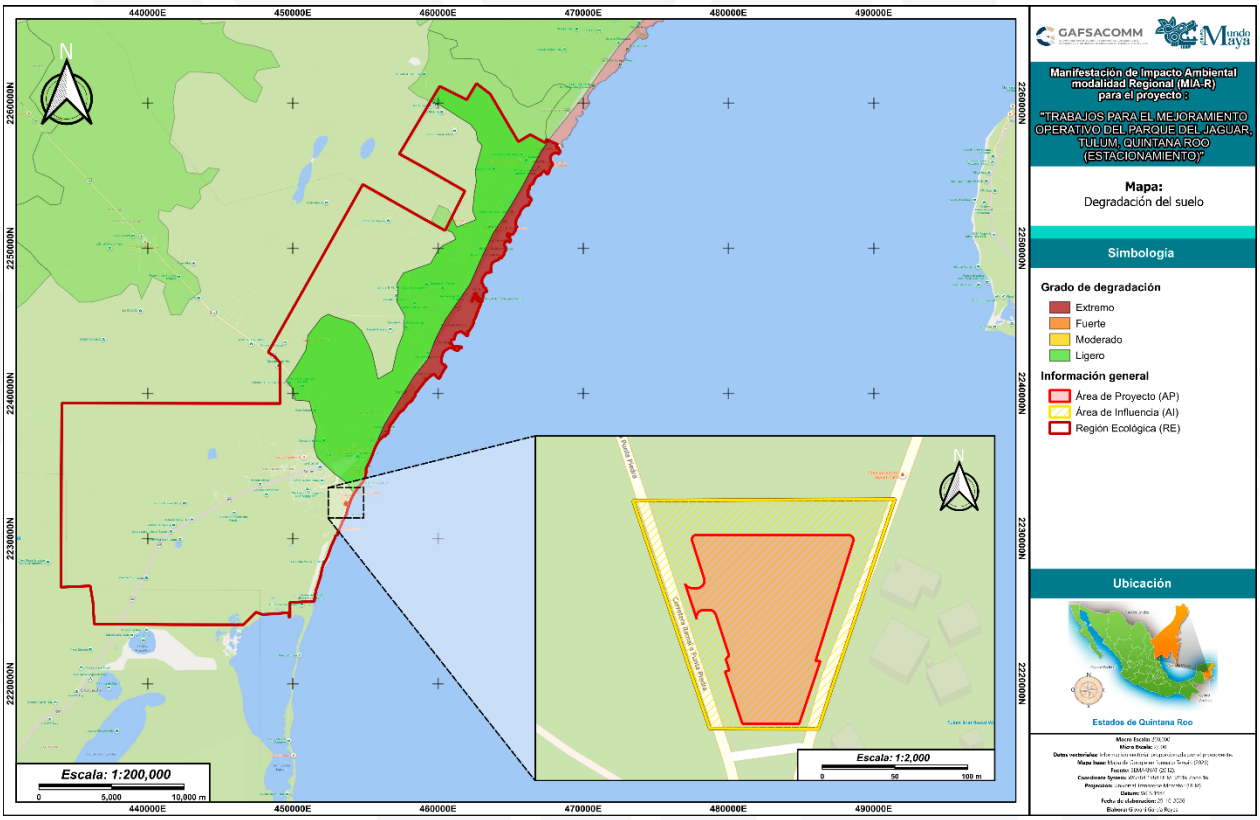



**Figura III.11. Tipos de degradación del suelo dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

### III.4.3. Erosión del suelo

**Análisis de incidencia:** GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

**Vector de origen:** Conjunto de Datos de Erosión del Suelo, escala 1: 250 000, Continuo Nacional.

Dentro de la RE se determinaron 4 tipos de erosión, de los cuales los asentamientos humanos son los que mayor incidencia tienen al ocupar un 2.64%, seguidos por la erosión hídrica laminar leve (HL1) que incide en un 0.28%, luego por las zonas urbanas (ZU) en un 0.16% y finalmente por la erosión antrópica (A) en un 0.13%. En tanto al porcentaje restante, se resalta que el 96.46% no cuenta con erosión evidente (SE) y el 0.33% restante pertenece a cuerpos de agua.

**Tabla III.18. Incidencia del tipo de erosión del suelo dentro de la RE. Elaboración propia.**

| Clave de erosión | Tipo de erosión | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|
| A | Antrópica | 641,759 | 0.13 |
| AH | Asentamientos humanos | 13,343,894 | 2.64 |
| H2O | cuerpos de agua | 1,682,220 | 0.33 |
| HL1 | Hídrica Laminar Leve | 1,415,342 | 0.28 |
| SE | Sin erosión evidente | 487,365,475 | 96.46 |
| ZU | Uso de Suelo / Antrópico | 817,212 | 0.16 |
| **Total** | | **505,265,903** | **100.00** |

Por otro lado, dentro del Área del Proyecto (AP) se observó que la totalidad de su superficie no cuenta con algún tipo de erosión evidente (SE).

**Tabla III.19. Incidencia del tipo de erosión del suelo dentro del AP. Elaboración propia.**

| Clave de erosión | Tipo de erosión | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|
| SE | Sin erosión evidente | 10,000 | 100 |
| **Total** | | **10,000** | **100.00** |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

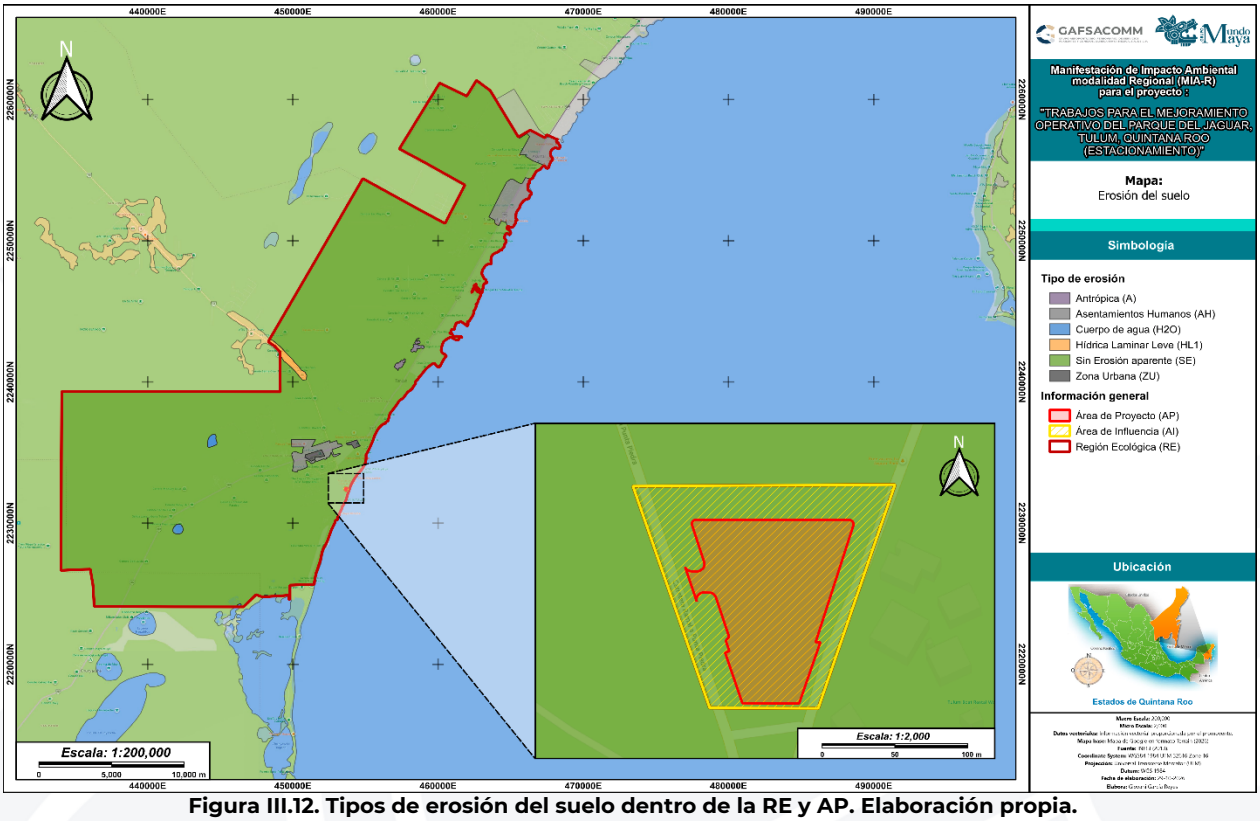



**Figura III.12. Tipos de erosión del suelo dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

# III.5. AGUA

## III.5.1. Regionalización hidrológica

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Regiones Hidrológicas. INEGI. 1:250000, Cuencas. INEGI. 1:250000, Subcuencas. INEGI. 1:250000, Microcuencas. INEGI. 1:250000.

La RE incide dentro de la Región-Hidrológica Administrativa XII Península de Yucatán, en las regiones hidrológicas N° 32 Yucatán Norte y N° 33 Yucatán Este, en las cuencas de Quintana Roo y Cuencas Cerradas, las subcuencas Quintana Roo y L. Chunyaxché y varias.

**Tabla III.20. Incidencia de las regionalizaciones hídricas dentro de la RE conforme al SIGEIA. Elaboración propia.**

| RHA | RH | CH | SCH | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| XII Península de Yucatán | Yucatán Norte (Yucatán) | Quintana Roo | Quintana Roo | 423,785,727 | 83.87 |
| | Yucatán Este (Quintana Roo) | Cuencas Cerradas | L. Chunyaxché y varias | 80,790,312 | 15.99 |
| Sin información | Sin información | Sin información | Sin información | 689,864 | 0.14 |
| **Total** | | | | **505,265,903** | **100** |

En cambio, el AP incide dentro de la Región-Hidrológica Administrativa XII Península de Yucatán, en la región hidrológica N° 32 Yucatán Norte, en la cuenca Quintana Roo y la subcuenca Quintana Roo.

**Tabla III.21. Incidencia de las regionalizaciones hídricas dentro del AP conforme al SIGEIA. Elaboración propia.**

| RHA | RH | CH | SCH | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| XII Península de Yucatán | Yucatán Norte (Yucatán) | Quintana Roo | Quintana Roo | 10,000 | 100 |
| **Total** | | | | **10,000** | **100** |

Asimismo se resalta que la RE tiene incidencia con 3 microcuencas, de las cuales la denominada como Tulum es la que mayor incidencia tiene al abarcar un 47.48% de la superficie, seguida por Ciudad Chumuyil con un 28.36% de incidencia y por Chumpon con el 23.17% restante. En tanto al AP este solamente incide en la microcuenca denominada como Tulum.

**Tabla III.22. Incidencia de las microcuencas hidrológicas dentro de la RE. Elaboración propia.**

| Clave de erosión | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|
| CIUDAD CHEMUYIL | 143,278,694 | 28.36 |
| TULUM | 244,917,470 | 48.47 |
| CHUMPON | 117,067,058 | 23.17 |
| Sin información del vector | 2,680 | 0.001 |
| **Total** | **505,265,903** | **100.00** |

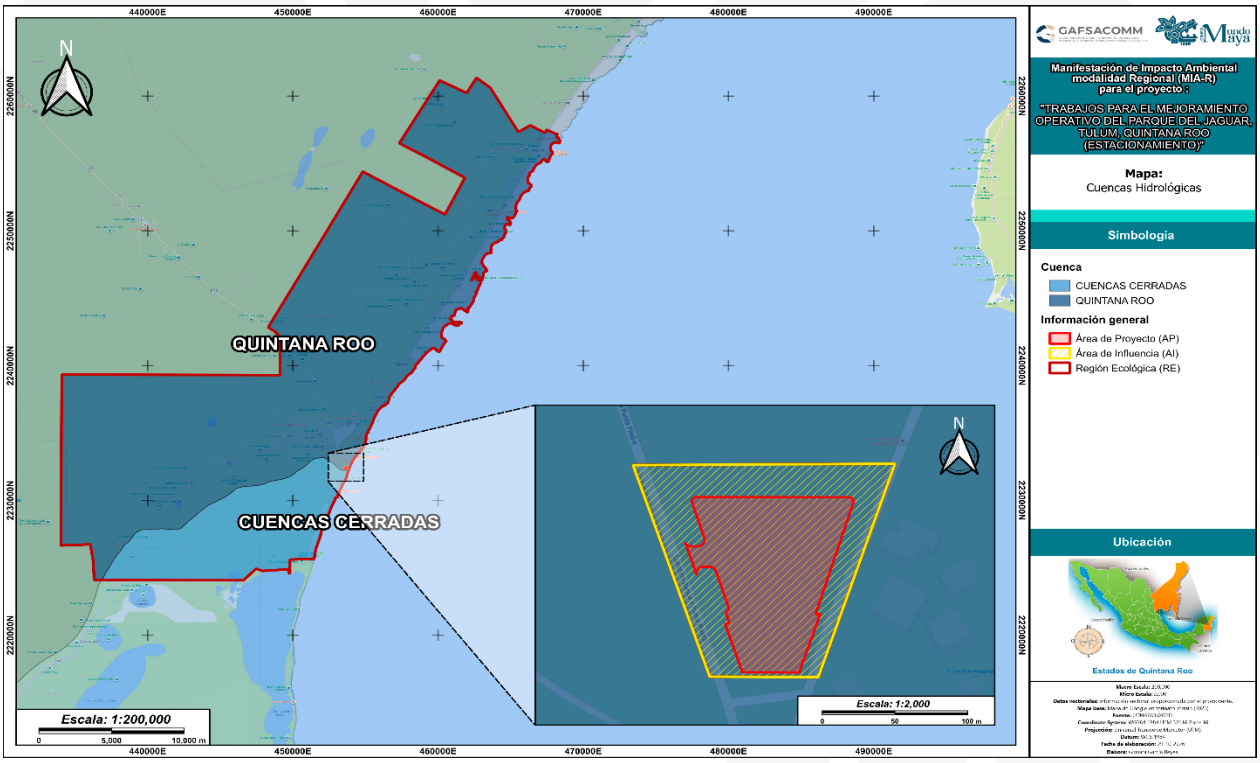



**Figura III.13. Incidencia de las cuencas hidrológicas (CH) dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

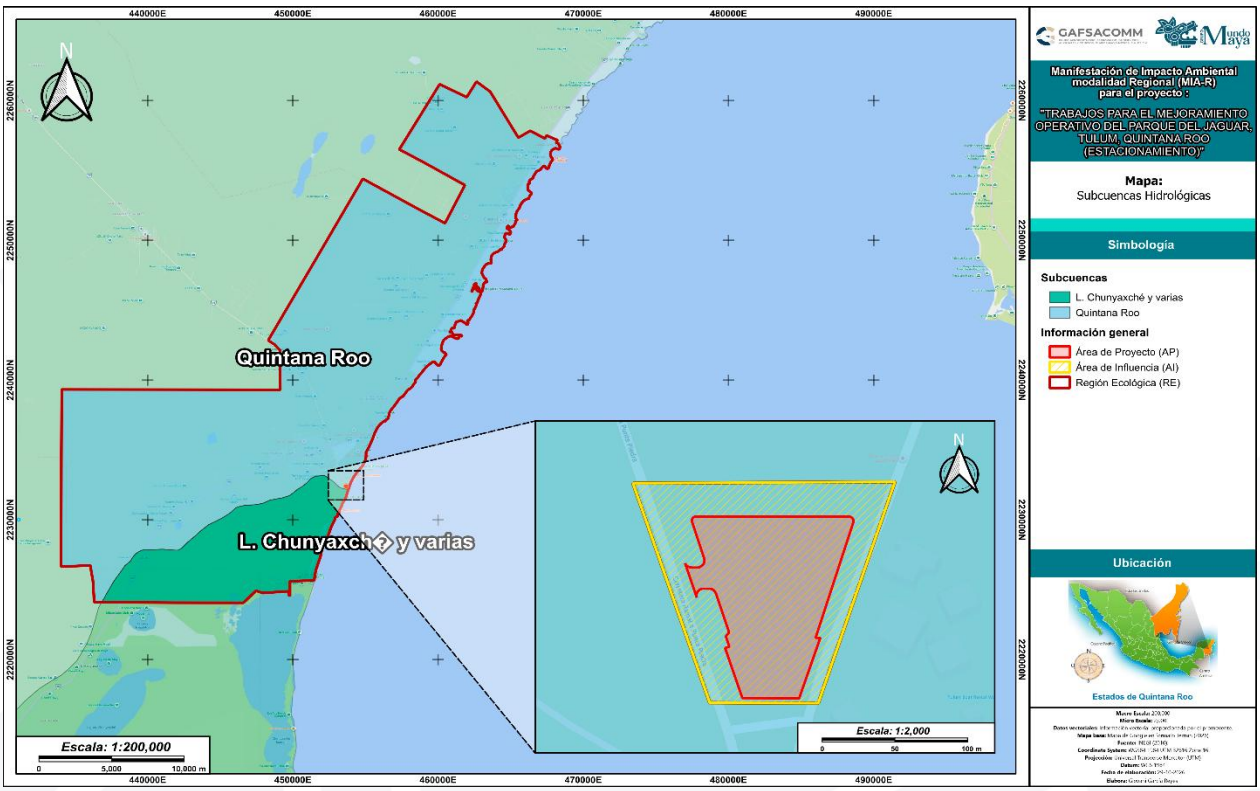



**Figura III.14. Incidencia de las subcuencas hidrológicas (SCH) dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

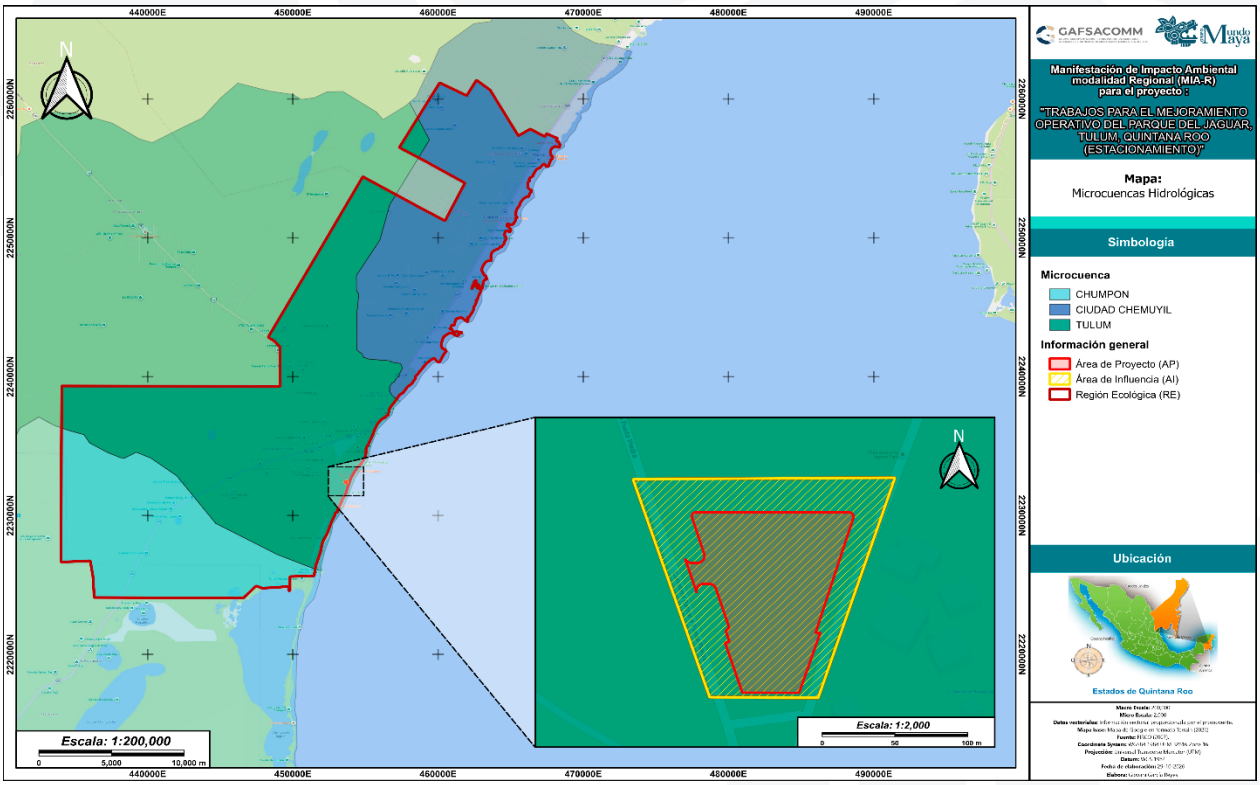



**Figura III.15. Incidencia de las microcuencas hidrológicas (MCH) dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.5.2. Cuerpos de agua superficiales

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Cuerpos de agua. INEGI – Cartografía Hidrográfica Nacional. 1:250,000.

Dentro de la RE, se presentan 6 cuerpos de agua superficiales de 3 diferentes tipos que representan juntos un 0.74% de la superficie total de la RE, siendo 4 cuerpos de agua permanentes, 1 zona sujeta a inundación y un arrecife y bajos. En tanto, el AP no incide sobre cuerpos de agua superficiales.

**Tabla III.23. Incidencia de cuerpos de agua superficiales dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.**

| Nombre del C.A. | Tipo de cuerpo de agua | Suma de Superficie de incidencia (m²) | Suma de Superficie de incidencia % |
|---|---|---|---|
| Laguna Campechén | Cuerpos de agua permanente | 341,585 | 0.07 |
| Laguna Chumkopó | Cuerpos de agua permanente | 391,026 | 0.08 |
| Laguna La Unión | Cuerpos de agua permanente | 418,014 | 0.08 |
| Sin nombre | Arrecifes y bajos | 1,488,451 | 0.29 |
| Sin nombre | Cuerpos de agua permanente | 326,824 | 0.06 |
| Sin nombre | Zona sujeta a inundación | 756,635 | 0.15 |
| **Total** | | **3,722,535** | **0.74** |

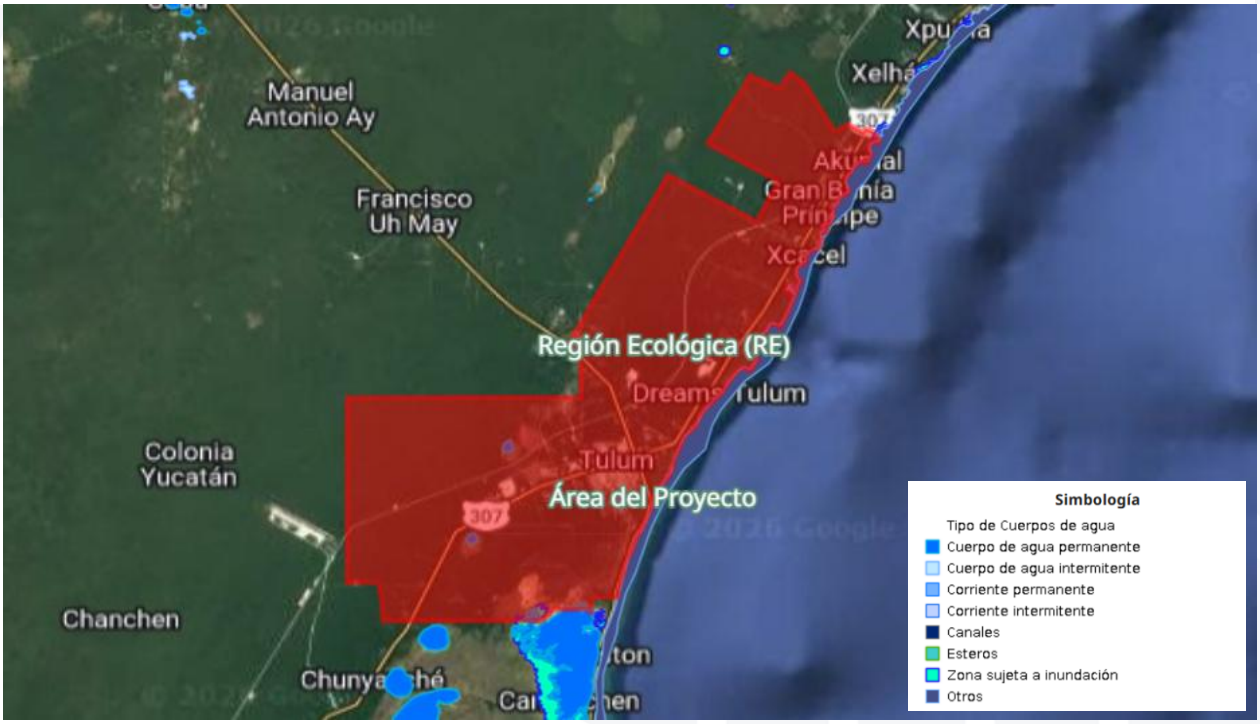



**Figura III.16. Cuerpos de agua superficiales de acuerdo con SIGEIA (2026). Elaboración propia.**

### III.5.3. Corrientes de agua superficiales

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Corrientes de agua. INEGI – Cartografía Hidrográfica Nacional. 1:250,000.

Dentro de la RE se distribuyen 17 corrientes de aguas superficiales que corresponden a 3 acueductos subterráneos, 4 límites costeros de océanos y mares, 3 límites de terrenos sujetos a inundación y 7 límites de lagos, lagunas y presas permanentes. En tanto, dentro del AP no se incide sobre corrientes de agua superficiales.

**Tabla III.24. Incidencia de corrientes de agua superficiales en la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.**

| Tipo | Nombre | Tipo (Clasificación leyenda SIGEIA) | Longitud (metros) |
|---|---|---|---|
| Acueducto subterráneo | | Acueducto | 858 |
| Acueducto subterráneo | | Acueducto | 2187 |
| Acueducto subterráneo | | Acueducto | 6866 |
| Límite costero de océanos y mares | | Otro tipo | 726 |
| Límite costero de océanos y mares | | Otro tipo | 8648 |
| Límite costero de océanos y mares | | Otro tipo | 9974 |
| Límite costero de océanos y mares | | Otro tipo | 40625 |
| Límite de terrenos sujetos a inundación | | Cuerpo de agua intermitente | 2587 |
| Límite de terrenos sujetos a inundación | | Cuerpo de agua intermitente | 3068 |
| Límite de terrenos sujetos a inundación | | Cuerpo de agua intermitente | 4118 |
| Límites de lagos, lagunas y presas permanentes | Laguna Campechén | Cuerpo de agua perenne | 2106 |
| Límites de lagos, lagunas y presas permanentes | Laguna Campechén | Cuerpo de agua perenne | 7393 |
| Límites de lagos, lagunas y presas permanentes | Laguna Campechén | Cuerpo de agua perenne | 10294 |
| Límites de lagos, lagunas y presas permanentes | Laguna Chumkopó | Cuerpo de agua perenne | 2268 |
| Límites de lagos, lagunas y presas permanentes | Laguna La Unión | Cuerpo de agua perenne | 2592 |
| Límites de lagos, lagunas y presas permanentes | | Cuerpo de agua perenne | 1054 |
| Límites de lagos, lagunas y presas permanentes | | Cuerpo de agua perenne | 6120 |

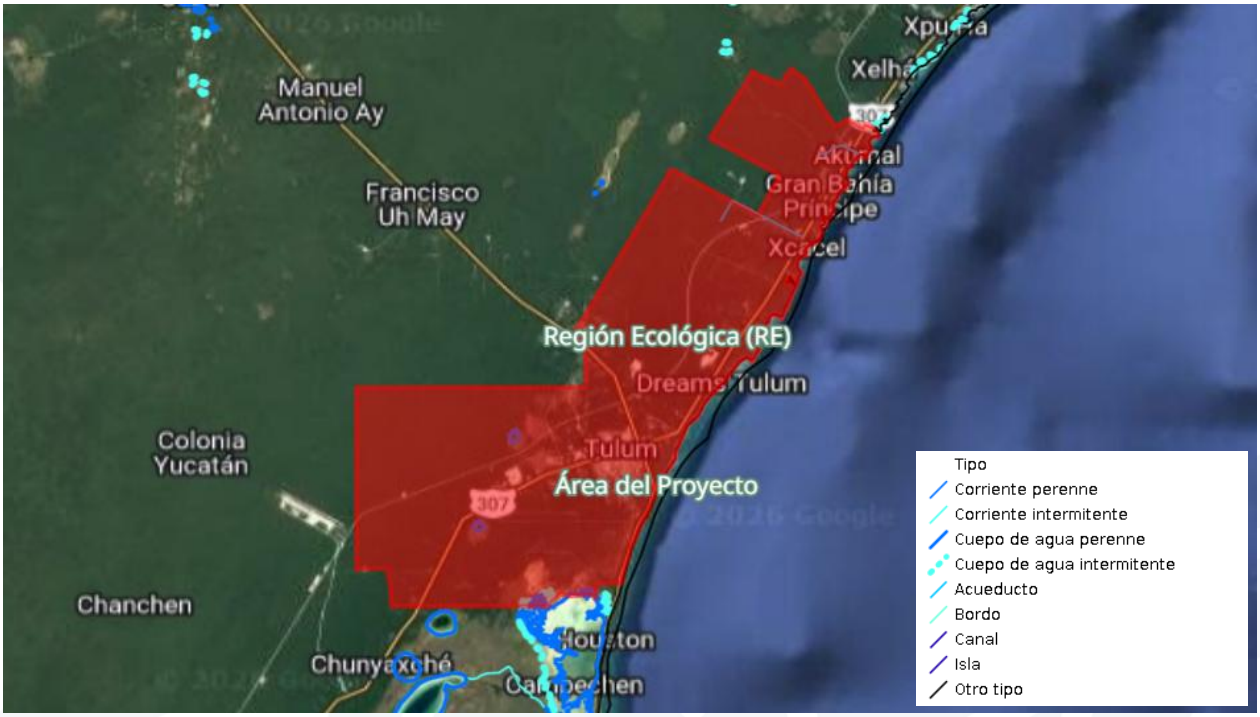



**Figura III.17. Corrientes de agua superficiales dentro de la RE y AP de acuerdo con SIGEIA (2026). Elaboración propia.**

## III.5.4. Hidrología subterránea (acuíferos)

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica de Acuíferos y Cuencas (SIGACUA) https://sigagis.conagua.gob.mx/aprovechamientos/

**Vector de origen:** Acuíferos. CONAGUA. 1:250,000.

Dentro de la RE y el AP de acuerdo con la capa disponibilidad de acuíferos por parte de la CONAGUA, así como su portal SIGACUA, se incide sobre el Acuífero 3105. Península de Yucatán.

**Tabla III.25. Incidencia de acuíferos dentro de la RE de acuerdo con el SIGACUA. Elaboración propia.**

| Clave | Nombre | Disponibilidad | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|---|
| 3105 | Península de Yucatán | Con disponibilidad | 505,265,903 | 100.00 |
| **Total** | | | **505,265,903** | **100.00** |

**Tabla III.26. Incidencia de acuíferos dentro del AP de acuerdo con el SIGACUA. Elaboración propia.**

| Clave | Nombre | Disponibilidad | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|---|
| 3105 | Península de Yucatán | Con disponibilidad | 10,000 | 100.00 |
| **Total** | | | **10,000** | **100.00** |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

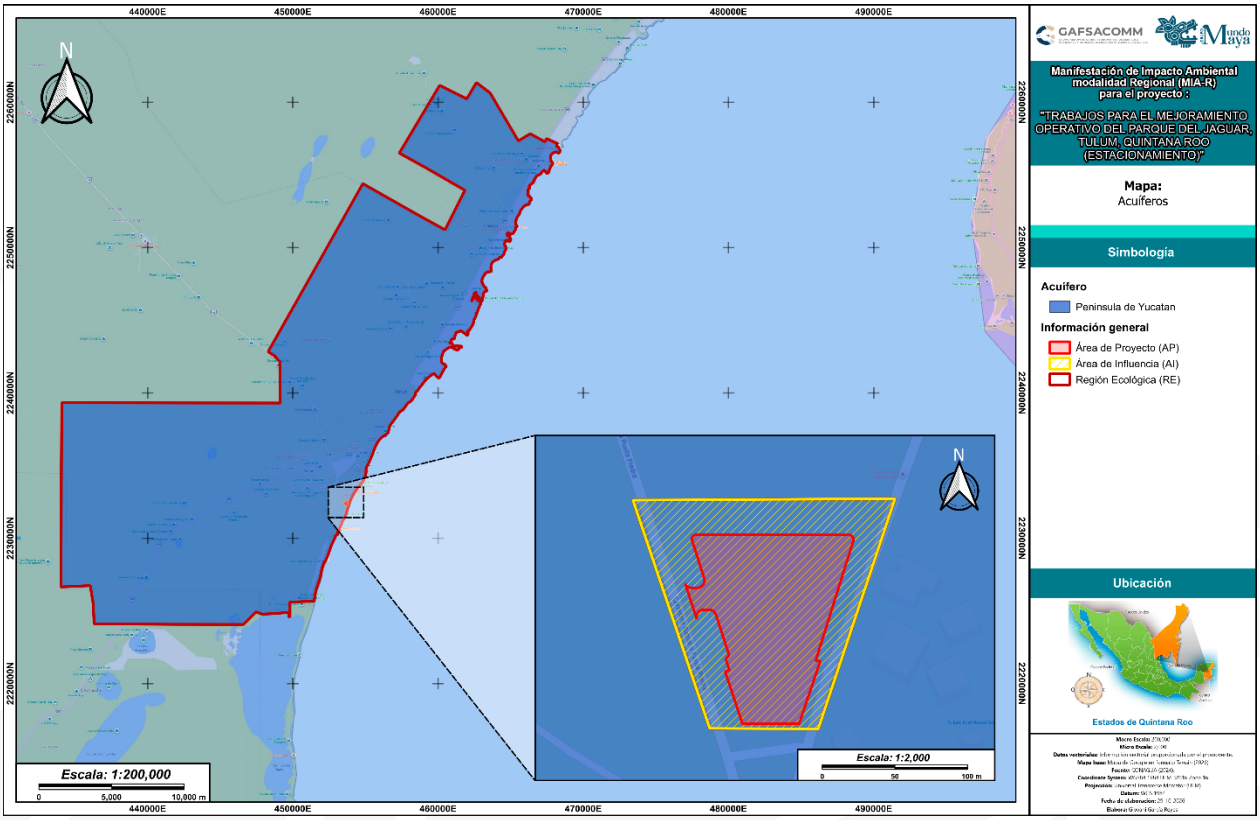



**Figura III.18. Incidencia de los acuíferos dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.5.5. Riesgos y peligros

**Análisis de incidencia:** Sistema Nacional de Información Sobre Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2026).

**Vector de origen:** http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html

- **Inundaciones**

| | |
|---|---|
| **Riesgo en la RE:** Predominantemente **ALTO** y **MEDIO** en la parte sur. | **Peligro en el RE:** Predominantemente **MUY ALTO** y **ALTO** en la parte sur. |
| **Riesgo en el AP:** considerado completamente **ALTO.** | **Peligro en el AP:** considerado completamente **MUY ALTO.** |

## III.5.6. Calidad del agua

### a) Calidad de agua superficial

**Análisis de incidencia:** Indicadores de calidad del agua (CONAGUA): https://www.gob.mx/conagua/articulos/indicadores-de-calidad-del-agua

**Vector de origen:** Calidad del agua superficial 2012-2024.

Dentro de la RE se encontraron 3 puntos de monitoreo de agua cercanos al área del AP, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla III.27. Calidad del agua superficial dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.**

| CLAVE SITIO | CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL | | | | | | Semáforo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Solidos Suspendidos Totales | Coliformes Fecales | Enterococos fecales | Saturación de Oxígeno Disuelto (SUP) | Saturación de Oxígeno Disuelto (MED) | Saturación de Oxígeno Disuelto (FON) | |
| DLQUI2199 | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | Verde |
| DLQUI2200 | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | Verde |
| DLQUI2201 | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | Verde |

Con base en ello, se determinó que el semáforo de contaminación es **VERDE**, lo que nos señala que el agua superficial NO se encuentra contaminada.

### b) Calidad de agua subterránea

**Análisis de incidencia:** Indicadores de calidad del agua (CONAGUA): https://www.gob.mx/conagua/articulos/indicadores-de-calidad-del-agua

**Vector de origen:** Calidad del agua subterránea 2012-2024

Para el caso de la calidad subterránea se identificaron 7 puntos de monitoreo los cuales se muestran a continuación:

**Tabla III.28. Calidad del agua subterránea dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

| CLAVE SITIO | CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA | | | | | | Semáforo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Alcalinidad | Conductividad | Solidos disueltos | Fluoruros | Dureza total | Nitrógeno de nitratos | |
| DLQUI2184 | Alta | Dudosa para riego | Cultivos con manejo especial | Baja | Muy dura e indeseable usos industrial y domestico | Potable - Excelente | Amarillo |
| DLQUI2198 | Alta | Dudosa para riego | Cultivos con manejo especial | Baja | Muy dura e indeseable usos industrial y domestico | Potable - Excelente | Amarillo |

Con base en ello, se determinó que el semáforo de contaminación en ambos casos es **AMARILLO**, lo que nos señala que el agua subterránea es muy dura y no es recomendada en cultivos, solo para uso industrial y doméstico.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

# III.6. AIRE

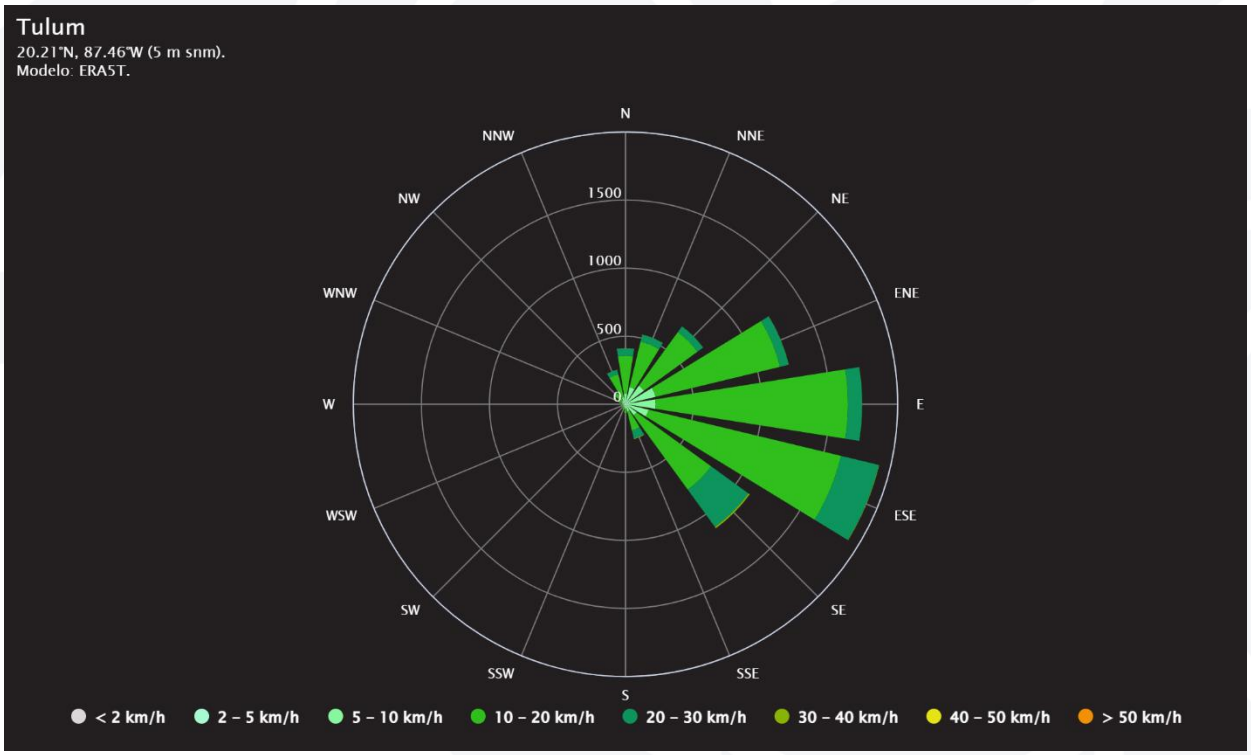
## III.6.1. Dirección del viento

**Análisis de información:** https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/celest%C3%BAn_m%C3%A9xico_3531368

Para el propósito de este estudio se analizaron los datos de dirección del viento en 4 sectores de dirección y clases de velocidad del viento para una localidad y un periodo de tiempo dado. Para ello, se utilizó la información empleada por las estaciones del Sistema Meteorológico Nacional **"Tulum"** dentro del estado de Quintana Roo, con datos recopilados por medio de meteoblue con datos recopilados de 30 años.

**Tabla III.29. Estación Meteorológica Automatizada "Tulum" dentro de la RE. Elaboración propia.**

| Estado | Nombre | Latitud N | Longitud O | Altitud (m) |
|---|---|---|---|---|
| QUINTANA ROO | TULUM | 20.21 | 87.46 | 5 m.s.n.m. |




Por ello, se determinó que, en el registro de 30 años**,** se presenta una tendencia general de dirección de los vientos en la estación de Tulum, donde la dirección del viento es predominante del este y este-sureste hacia el oeste y oeste-noroeste en aproximadamente entre los 90° y 112° con una velocidad de 10-20 km y 20-30 km.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

## III.6.2. Calidad del aire

Conforme al Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Quintana Roo PROAIRE 2019-2028 del municipio de Tulum, dentro de su inventario de emisiones se indica que para este Estado se emiten los siguientes contaminantes al año, cabe mencionar que los datos proporcionados a continuación se expresan en toneladas/año.

**Tabla III.30. Emisiones del estado de Quintana Roo. Elaboración propia.**

| Estado | Municipio | PM10 | PM2.5 | SO2 | NOX | COV | CO | NH3 | Principales Fuentes de Emisión |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Quintana Roo** | Tulum | 277 | 121 | 20 | 687 | 14,022 | 5,449 | 75 | Emisiones ganaderas e industria alimentaria |

De ese modo, se corrobora que el municipio de Tulum es el que genera la menor cantidad de contaminantes en el estado de Quintana Roo y resaltan los altos niveles de COV y CO dada la alta conservación de la vegetación en este municipio.

# III.7. BIODIVERSIDAD

## III.7.1. Flora y vegetación terrestre

### *a) Uso de suelo y vegetación*

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Conjunto de datos Vectoriales de Usos del Suelo y Vegetación, Esc. 1:250 000, Serie VII. Conjunto Nacional.

- **Región Ecológica (RE)**

Conforme a este análisis, el **tipo de uso** con mayor superficie es el **Ecológico-Florístico-Fisonómico con un 94.64 %,** seguido de la Complementaria con un 4.60 %, y tipo de Agrícola-Pecuaria-Forestal con un 0.47 %. Para los **Usos y tipos de vegetación,** la **Selva Mediana Subperennifolia (SMQ)** ocupó el 54.22 %, seguida de la Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) con un 23.76 %.

**Tabla III.31. Incidencia de uso de suelo y vegetación (USV) dentro de la RE de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.**

| Tipo de información | Clave de vegetación | Uso de suelo y tipo de vegetación | Superficie de incidencia (m²) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|---|
| Agrícola-Pecuario-Forestal | TA | Agricultura de temporal anual | 2,355,411 | 0.47 |
| Complementaria | AH | Asentamientos humanos | 20,625,981 | 4.08 |
| | H2O | Cuerpo de agua | 2,615,704 | 0.52 |
| Ecológico-Florístico-Fisonómico | SBS | Selva baja subcaducifolia | 51,637,013 | 10.22 |
| | SMQ | Selva mediana subperennifolia | 273,959,536 | 54.22 |
| | VM | Manglar | 15,768,461 | 3.12 |
| | VSA/SMQ | Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia | 120,057,487 | 23.76 |
| | VSa/SMQ | Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia | 9,437,090 | 1.87 |
| | VSh/SMQ | Vegetación secundaria herbácea de selva mediana subperennifolia | 1,497,203 | 0.30 |
| | VT | Tular | 5,804,539 | 1.15 |
| Sin vegetación aparente | DV | Sin vegetación aparente | 13,684 | 0.003 |
| Desprovisto de vegetación | ADV | Desprovisto de vegetación | 764,811 | 0.15 |
| Sin información del vector por incidencia dentro del océano | | | 728,984 | 0.14 |
| **Total** | | | **505,265,903** | **100.00** |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

- **Área del Proyecto (AP)**

Conforme a este análisis, el tipo de uso con mayor superficie es el **Ecológico-Florístico-Fisonómico** en un 100.00 % dentro de los 10,000 m$^2$ que abarca el Área del Proyecto (AP). En ese sentido, el único tipo de uso de suelo fue la **Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia (VSA/SMQ).** Este mismo tipo de vegetación será solicitado para Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) ante la Dirección General de Gestión Forestal, Suelos y Ordenamiento Ecológico (DGGFSOE).

**Tabla III.32. Incidencia de uso de suelo y vegetación (USV) dentro del AP de acuerdo con el SIGEIA. Elaboración propia.**

| Tipo de información | Clave de vegetación | Uso de suelo y tipo de vegetación | Superficie de incidencia (m$^2$) | Superficie de incidencia (%) |
|---|---|---|---|---|
| Ecológico-Florístico-Fisonómico | VSA/SMC | Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Caducifolia | 10,000 | 100.00 |
| **Total** | | | **10,000** | **100.00** |

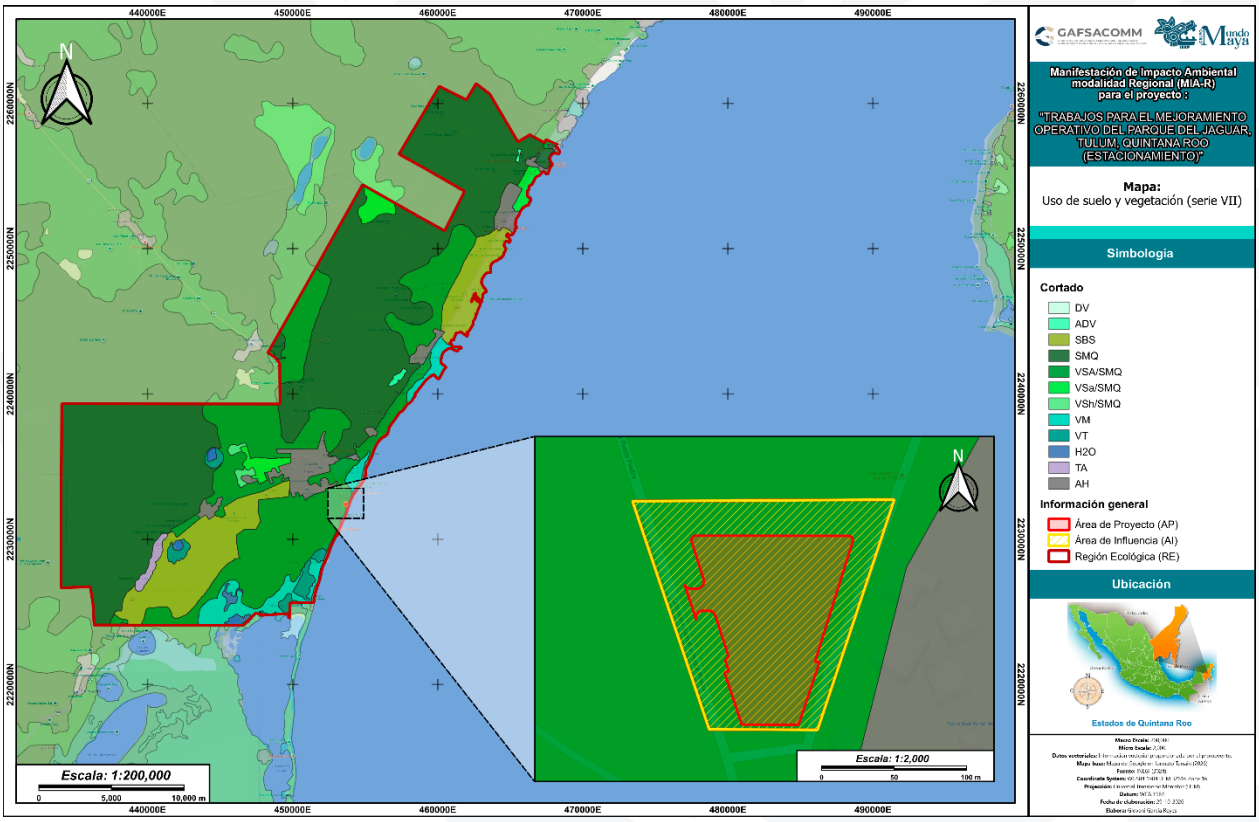



**Figura III.19.Incidencia con los Usos de Suelo y Vegetación de la serie VII de INEGI dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.**



**Figura III.20. Fotografías de las condiciones de la Vegetación Secundaria Arbórea de la Selva Mediana Subperennifolia (VSA/SMQ). Elaboración propia.**

***b) Metodología de trabajo en campo***

Se realizó un muestreo dentro de las diferentes comunidades vegetales conforme a lo siguiente:

**Fecha de los muestreos:** entre el 13 y 22 de octubre de 2026.

- **Unidades de muestreo**

Los muestreos que se presentan a continuación se focalizaron dentro del Área del Proyecto (AP) principalmente porque será el área específica en donde se realizarán las acciones de desmonte y despalme, así como la afectación directa a la vegetación, en tanto que se realizó una réplica a manera de comparación exclusivamente dentro de la Región Ecológica (RE) para puesto que las condiciones ecosistémicas obedecen principalmente a selvas bajas y medianas. En este caso, no se realizaron muestreos dentro del Área de Influencia (AI) puesto que las condiciones ecosistémicas de las selvas son muy similares, y se optó por sitios más retirados al AP para tener un mayor contraste e identificar de mejor manera los impactos con escenarios contrastantes.

**Dimensiones:** Fija.

**Forma:** Transectos rectangulares.

**Cantidad:** 12 en Región Ecológica (RE) y 4 en Área de Proyecto (AP).

**Tamaño:** 500 $m^2$ (10 m de largo por 50 m de ancho) ya que, de acuerdo con Alanis *et al.* (2020) para el cálculo de variables dasométricas arbóreas y sus existencias volumétricas se recomienda esta superficie y forma de sitio a razón de que permite un mayor registro de individuos en unidades discretas para su extrapolación a una unidad comparable o “hectárea tipo”.

**Descripción: Se consideraron cuatro estratos o formas de vida**, las cuales se muestrearon en los diferentes tamaños de transectos, en cada sitio de muestreo se llevó a cabo dentro de un sitio circulares (al cual denominaremos muestreos) de **500 $m^2$** para el estrato de **árboles, palmas y epífitas o enredaderas y**, de **100 $m^2$** para **arbustos** y, finalmente el transecto de **4 $m^2$** para **herbáceas.**

La toma de información de las comunidades vegetales que componen la RE del Proyecto se realizó utilizando el diseño de muestreo dirigido. Los sitios de muestreo se ubicaron de manera seleccionada y de manera que fueran representativos del tipo de vegetación dentro de la superficie del AP. Para cada sitio de muestreo, la vegetación fue dividida en cinco estratos, de acuerdo con sus dimensiones y hábitos de crecimiento de sus componentes, para agilizar el muestreo y posteriormente procesar los datos, con el objetivo de poder analizarlas por grupo. Las características de cada uno de estos grupos o formas de vida son las siguientes:



**Arbórea:** se consideraron todos aquellos individuos que presentaron lignificación, son plantas leñosas perenne con un solo tronco principal o, en el caso del monte bajo con varios tallos, que tengan una copa más o menos definida (DOF, 11/04/2022). su etapa de desarrollo no pueda los individuos de árboles que por su etapa de desarrollo no pueden ser consideradas como maderables y que tienen porte de renuevo.



**Arbustiva:** plantas leñosas perennes, con una altura que sobrepasa generalmente los 0.5 metros, pero no alcanza los 5 metros a su madurez y sin un solo vástago principal, ni una copa definida (DOF, 11/04/2022). Aquí también se consideran los individuos de especies que en su mayor estado de desarrollo son arbustivas, pero que en el momento del levantamiento tienen porte bajo.



**Epífitas o enredaderas:** Las plantas epifitas en lo general son aquellas que crecen sobre otras plantas adheridas a los troncos y ramas de árboles consideradas como aéreas, pero también se consideran rupícolas (Rzedowski & Rzedowski, 2005). Dichas especies pertenecen a las familias Bromeliaceae y/ u Orchidaceae, con sus respectivas excepciones.



**Herbáceas:** Se consideraron aquellos individuos que no presentaron lignificación (Rzedowski, 2006). Dentro de esta forma de vida se considerarán solo las que por su descripción taxonómica son herbáceas.



**Palmas:** Son especies de la familia Aracaceae (palmas) plantas perennes, arborescentes o arbustiformes, pequeñas a robustas, en ocasiones escandentes o acahuales; el tronco recibe la denominación de estípite, puede ser alargado, cilíndrico o columnar, generalmente sin ramificaciones; erecto, decumbente, trepador, a veces subterráneo; solitario o agrupado, liso o espinoso o cubierto con las bases foliares persistentes. Los tallos poseen una médula central esponjosa rodeada por un anillo protector fuerte, formado por haces verticales de tejido conductor (xilema, floema), encontrándose en consecuencia separada del cámbium (Strasburger, 1991).


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

## Ubicación y cantidad de los sitios de muestreo:

**Tabla III. 33. Síntesis de los sitios de muestreo establecidos. Elaboración propia.**

| Zona | Cantidad sitios en VSA/SMQ | Total |
|---|---|---|
| **Región Ecológica (RE)** | 12 | **12** |
| **Área del Proyecto (AP)** | 4 | **4** |

**Tabla III. 34. Coordenadas de los sitios de muestreo de la RE en formato WGS84-UTM 32616. Elaboración propia.**

| SITIO | VÉRTICE | COORDENADA X | COORDENADA Y | SITIO | VÉRTICE | COORDENADA X | COORDENADA Y | SITIO | VÉRTICE | COORDENADA X | COORDENADA Y |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 453571.9975 | 2232402.2240 | 5 | 1 | 453562.9995 | 2232465.9030 | 9 | 1 | 453660.9997 | 2232498.0740 |
| | 2 | 453573.1200 | 2232352.2370 | | 2 | 453562.5190 | 2232415.9060 | | 2 | 453661.3742 | 2232448.0760 |
| | 3 | 453563.1225 | 2232352.0120 | | 3 | 453552.5194 | 2232416.0020 | | 3 | 453651.3745 | 2232448.0010 |
| | 4 | 453562.0000 | 2232402.0000 | | 4 | 453553.0000 | 2232466.0000 | | 4 | 453651.0000 | 2232498.0000 |
| 2 | 1 | 453625.9603 | 2232498.8890 | 6 | 1 | 453594.9967 | 2232346.7440 | 10 | 1 | 453643.9998 | 2232576.9350 |
| | 2 | 453630.4091 | 2232449.0880 | | 2 | 453593.7165 | 2232296.7600 | | 2 | 453643.6758 | 2232526.9360 |
| | 3 | 453620.4488 | 2232448.1980 | | 3 | 453583.7198 | 2232297.0160 | | 3 | 453633.6760 | 2232527.0010 |
| | 4 | 453616.0000 | 2232498.0000 | | 4 | 453585.0000 | 2232347.0000 | | 4 | 453634.0000 | 2232577.0000 |
| 3 | 1 | 453659.9999 | 2232573.0480 | 7 | 1 | 453742.9998 | 2232578.0640 | 11 | 1 | 453690.9991 | 2232497.8620 |
| | 2 | 453660.2439 | 2232523.0490 | | 2 | 453743.3224 | 2232528.0650 | | 2 | 453690.3133 | 2232447.8670 |
| | 3 | 453650.2440 | 2232523.0000 | | 3 | 453733.3226 | 2232528.0010 | | 3 | 453680.3142 | 2232448.0040 |
| | 4 | 453650.0000 | 2232573.0000 | | 4 | 453733.0000 | 2232578.0000 | | 4 | 453681.0000 | 2232498.0000 |
| 4 | 1 | 453720.9987 | 2232532.1590 | 8 | 1 | 453590.0000 | 2232577.0280 | 12 | 1 | 453693.9994 | 2232573.8920 |
| | 2 | 453721.7937 | 2232482.1650 | | 2 | 453590.1412 | 2232527.0280 | | 2 | 453693.4605 | 2232523.8950 |
| | 3 | 453711.7949 | 2232482.0060 | | 3 | 453580.1412 | 2232527.0000 | | 3 | 453683.4611 | 2232524.0020 |
| | 4 | 453711.0000 | 2232532.0000 | | 4 | 453580.0000 | 2232577.0000 | | 4 | 453684.0000 | 2232574.0000 |

**Tabla III. 35. Coordenadas de los sitios de muestreo del AP en formato WGS84-UTM 32616. Elaboración propia.**

| SITIO | VÉRTICE | COORDENADA X | COORDENADA Y | SITIO | VÉRTICE | COORDENADA X | COORDENADA Y |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 453689 | 2232414 | 3 | 1 | 453672 | 2232392 |
| 1 | 2 | 453639 | 2232412 | 3 | 2 | 453622 | 2232393 |
| 1 | 3 | 453638 | 2232422 | 3 | 3 | 453622 | 2232403 |
| 1 | 4 | 453688 | 2232424 | 3 | 4 | 453672 | 2232402 |
| 2 | 1 | 453671 | 2232373 | 4 | 1 | 453700 | 2232416 |
| 2 | 2 | 453672 | 2232323 | 4 | 2 | 453690 | 2232367 |
| 2 | 3 | 453662 | 2232323 | 4 | 3 | 453680 | 2232369 |
| 2 | 4 | 453661 | 2232373 | 4 | 4 | 453690 | 2232418 |

Las coordenadas de los muestreos biológicos pueden consultarse dentro de la ruta *Anexos> ANX.4. Soportes de biodiversidad> a) Flora y vegetación> a.2) Vectores> AP y RE*.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

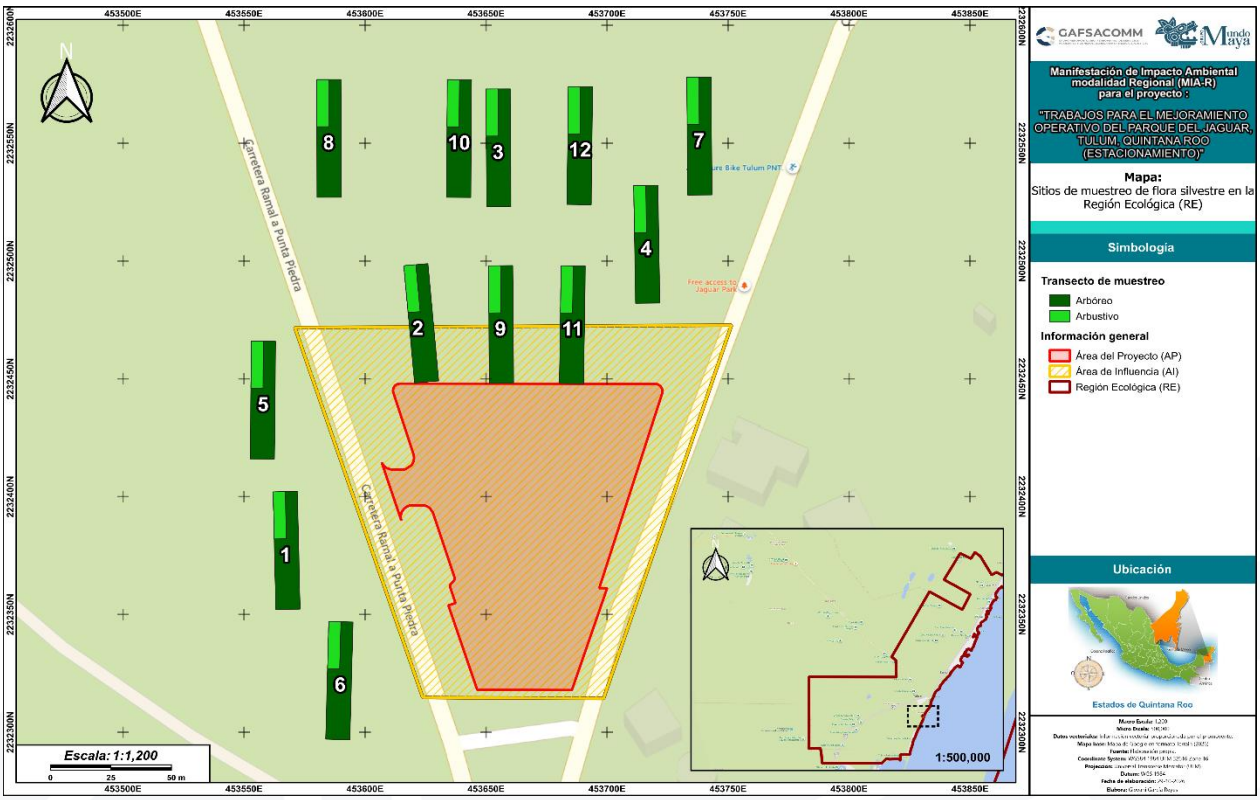



**Figura III.21. Ubicación de los sitios de muestreo de flora silvestre dentro de la RE. Elaboración propia.**

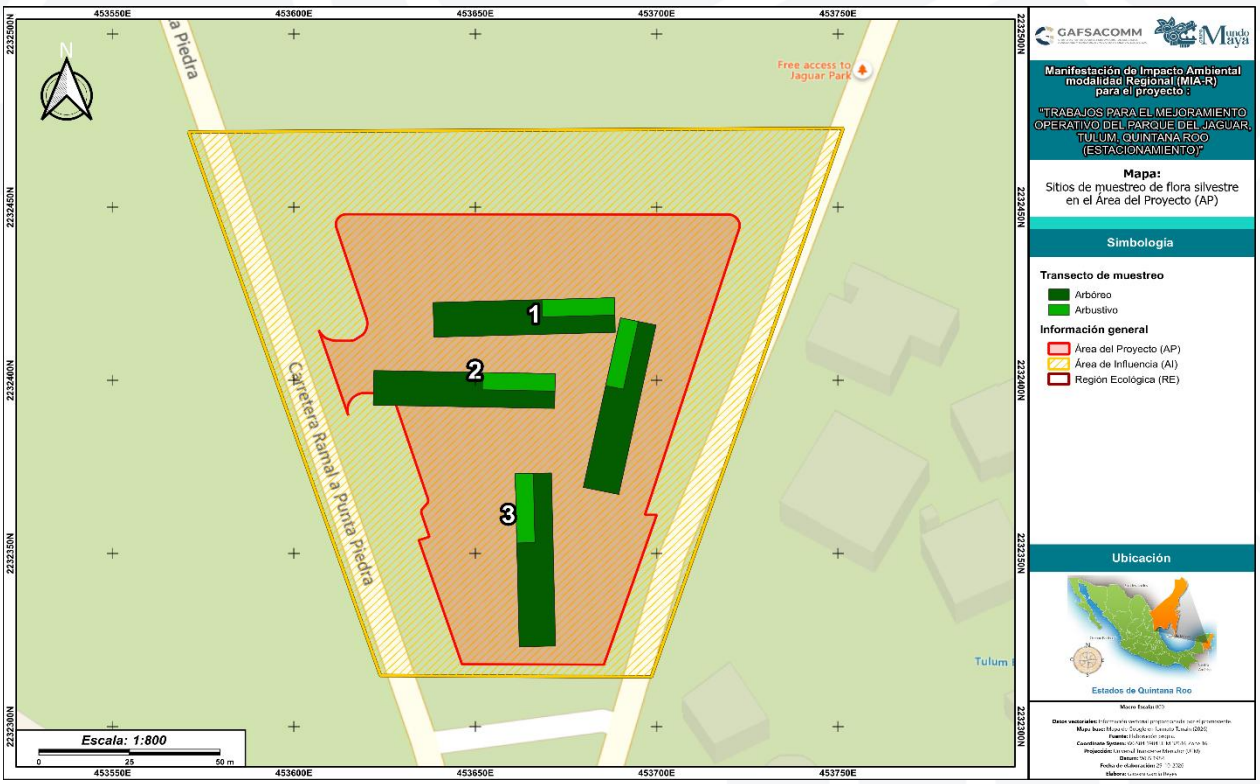



**Figura III.22. Ubicación de los sitios de muestreo de flora silvestre dentro del AP. Elaboración propia.**

***c) Análisis para la confiabilidad estadística***

**c.1) Análisis no paramétrico - Curva de Acumulación de Especies (CAE)**

A continuación, se presentan los modelos se utilizan cuando no se asume una distribución estadística conocida o no se ajustan a ningún modelo determinado, y en donde una representativa superior al 80% indica una buena eficiencia del muestreo. Se emplean generalmente cuando no tenemos datos del número de especies, ya que no hay manera de conocer cómo se comporta la distribución de individuos por especie (Villareal, H. M. et al., (2004).

- Chao 1 (Chao 1 Mean en el programa EstimateS).

Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons).

- Chao 2 (Chao 2 Mean en el programa EstimateS).

Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas (que sólo aparecen en una muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen compartidas en dos muestras).

- Bootstrap (Bootstrap Mean en el programa EstimateS).

Estima la riqueza de especies a partir de la proporción de muestras que contienen a cada especie.

- **Región Ecológica (RE)**

Para el área propuesta como RE, la curva de acumulación para el estimador **ACE** obtuvo un nivel de confianza de la muestra para **los árboles del 94.67 %, para los arbustos de 86.39 %, para las epífitas o enredaderas del 100.00 % y para las palmas del 92.96 %,** mientras que para el estimador **Bootstrap** obtuvo un nivel de confianza de la muestra para los **árboles fue es de 90.56 %, para los arbustos del 86.15 %, para las epífitas o enredaderas del 95.24 % y para las palmas del 92.96 %** en donde se puede observar que la curva se va estabilizando al final de los sitios de muestreo. Lo anterior denota una buena representatividad de la diversidad de flora en el sitio. De acuerdo con el Manual de Métodos para el desarrollo de Inventarios de Biodiversidad Villarreal (2004), los resultados denotan una elevada representatividad de la diversidad de la flora del sitio.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

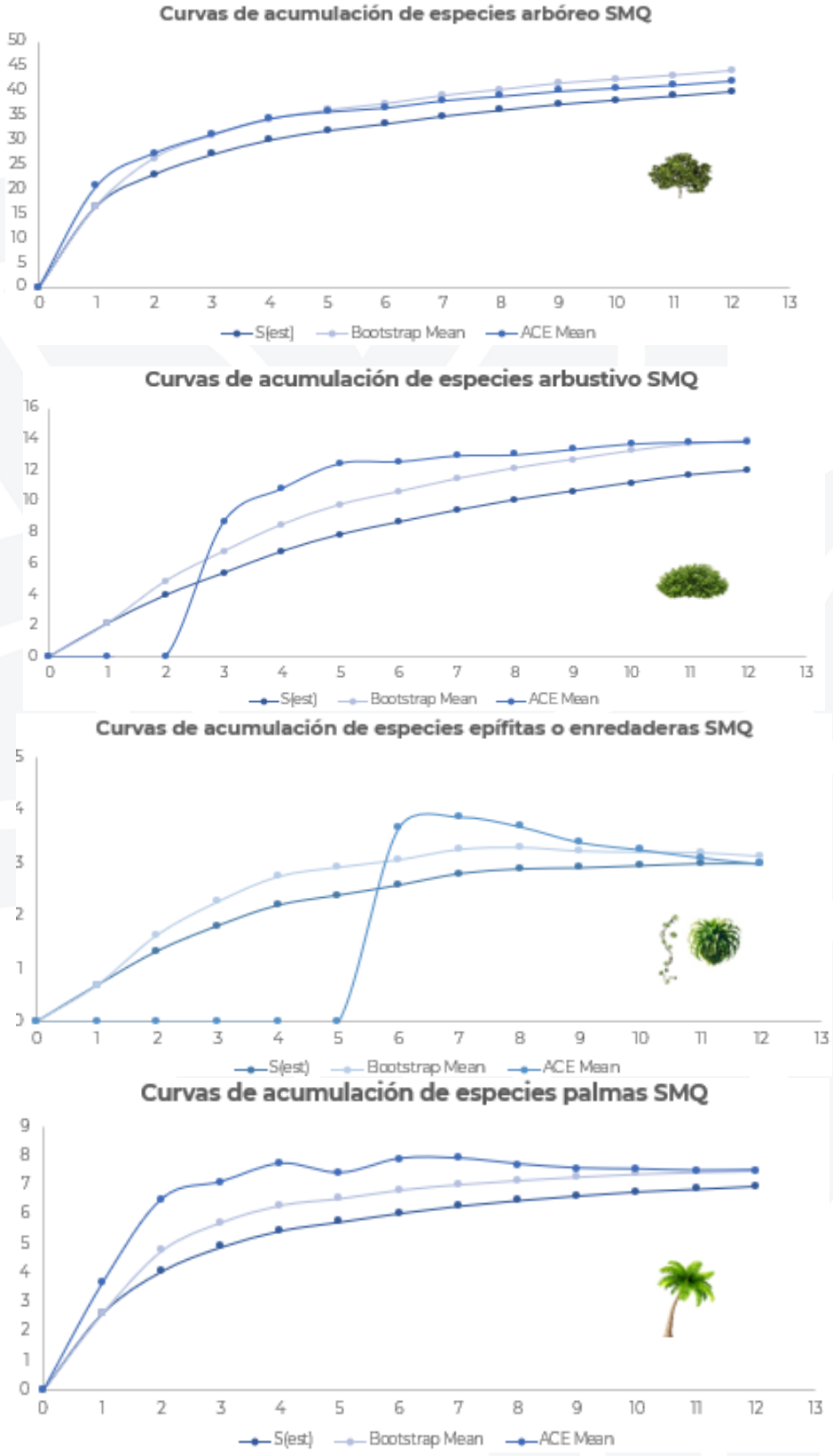



**Figura III. 23. Curva de acumulación de especies (CAE) por forma de vida para la RE. Elaboración propia.**

- **Área del Proyecto (AP)**

Para el área propuesta como AP, la curva de acumulación para el estimador **ACE** obtuvo un nivel de confianza de la muestra para **los árboles del 92.27 %, para los arbustos de 100.00 %, para las epífitas o enredaderas del 100.00 % y para las palmas del 83.75 %,** mientras que para el estimador **Bootstrap** obtuvo un nivel de confianza de la muestra para los **árboles fue es de 91.69 %, para los arbustos del 93.02 %, para las epífitas o enredaderas del 96.62 % y para las palmas del 87.72 %** en donde se puede observar que la curva se va estabilizando al final de los sitios de muestreo. Lo anterior denota una buena representatividad de la diversidad de flora en el sitio. De acuerdo con el Manual de Métodos para el desarrollo de Inventarios de Biodiversidad Villarreal (2004), los resultados denotan una elevada representatividad de la diversidad de la flora del sitio.

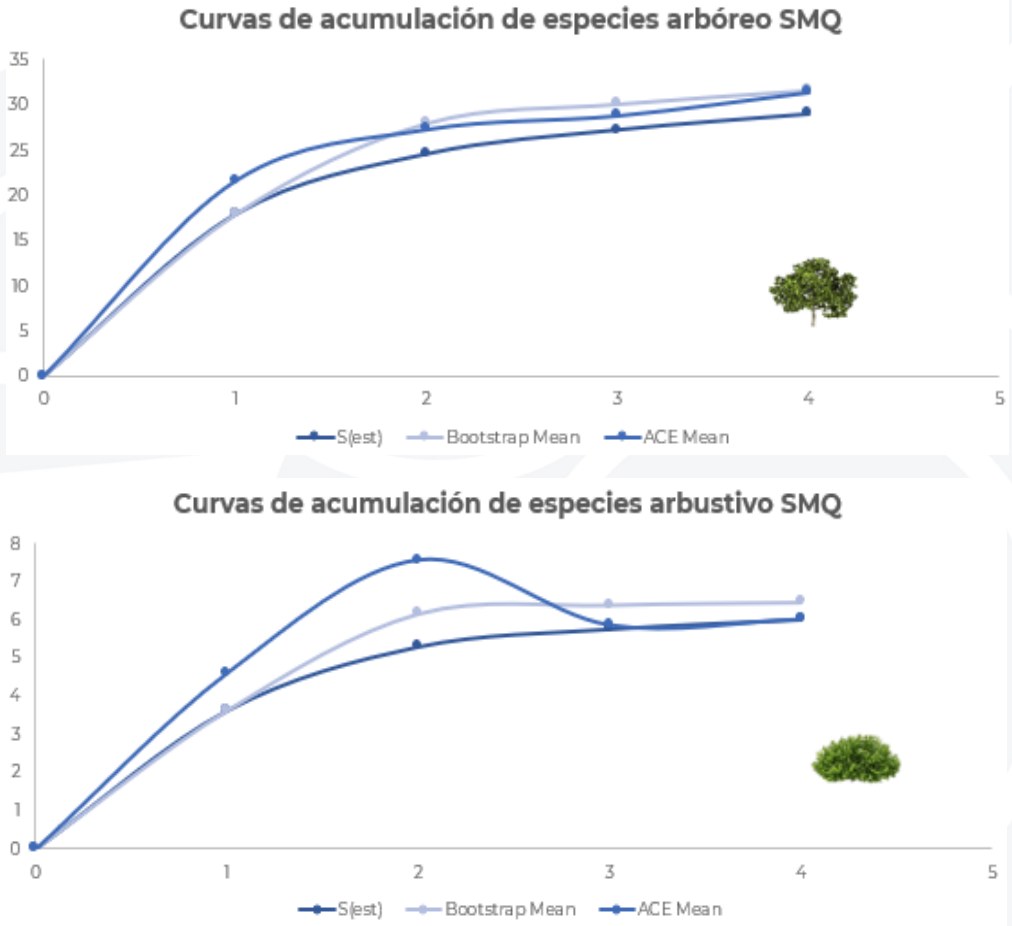



**Figura III. 24. Curva de acumulación de especies (CAE) por forma de vida para el AP (1). Elaboración propia.**


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

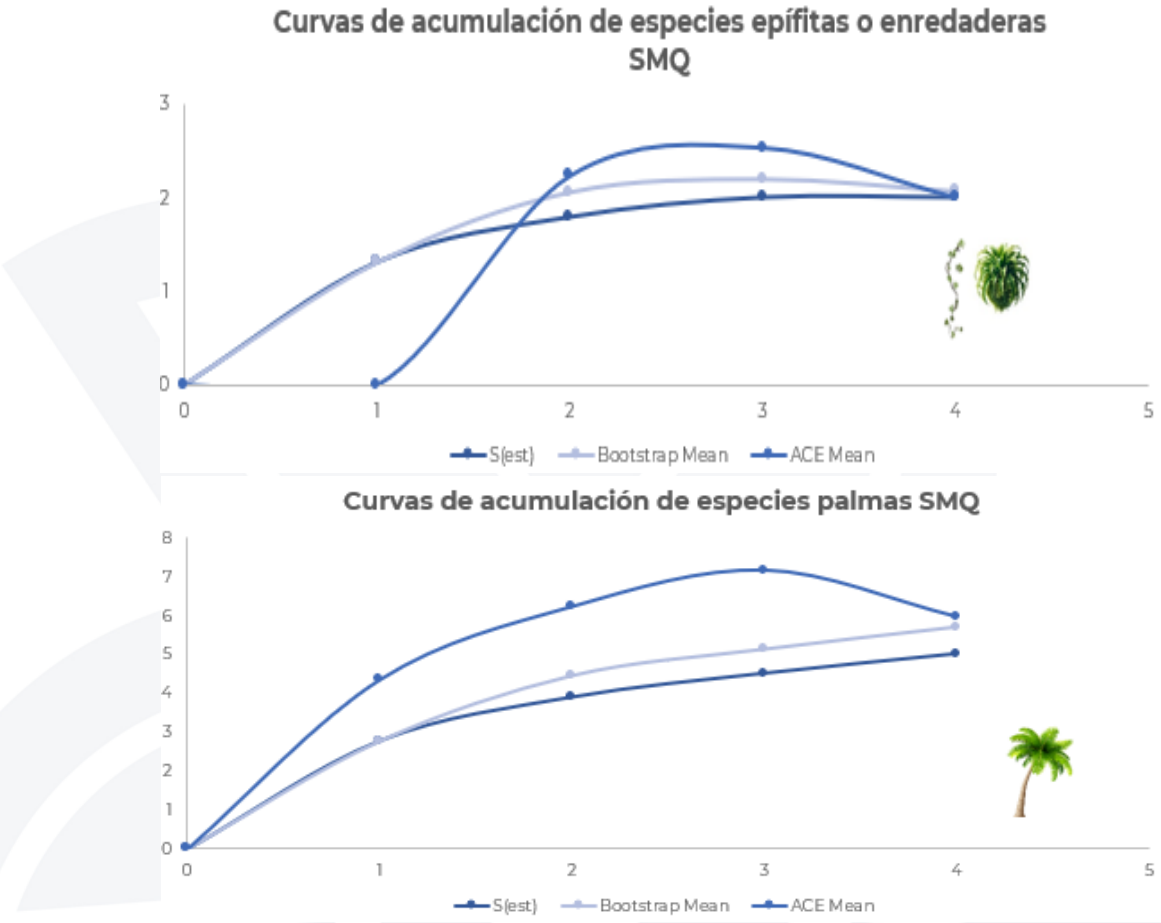



**Figura III. 25. Curva de acumulación de especies (CAE) por forma de vida para el AP (2). Elaboración propia.**

***d) Análisis de la información para la caracterización de la vegetación***

**d.1) Caracterización mediante en análisis de la flora potencial**

Descripción generada a través de los registros históricos del Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (CONABIO) del periodo comprendido entre 1927 y 2023 (96 años de registros históricos), con la finalidad de obtener un listado de la flora presente dentro de la RE y AP. Asimismo, se realizó un conteo de puntos de registros de especies de a través de polígonos hexagonales de dimensiones fijas, con un alto y un ancho de 2 kilómetros.

**d.2) Caracterización mediante los sitios de muestreo biológicos**

Empleando la información recopilada en campo, se procedió con el análisis dentro del **AP** y **RE**, como por estrato identificado en campo. Para ello, se realizó una descripción a nivel comunidad, florística, dasometría, diversidad e importancia ecológica.

**d.3) Descripción florística**

Para este análisis, se agruparon a las especies tanto por familia botánica como por género para identificar la riqueza de especies de manera general y a nivel de estrato, desarrollando una descripción puntual por niveles de distribución vertical. Además, se analizarán los grados de riesgo de las especies contrastando con la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN y Cites, así como su distribución y nivel de endemismo de acuerdo con Enciclovida conforme a los siguiente:

- **Categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019):** sujeta a protección especial (Pr), amenazada (A) y en peligro de extinción (P).
- **Categorías de riesgo de la Lista Roja de la Unión Internación para la Conservación de la Naturaleza (IUCN):** datos insuficientes (DD), preocupación menor (LC), casi amenazado (NT), vulnerable (VU), en peligro (EN), en peligro crítico (CR).
- **Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES):** apéndice I, apéndice II y apéndice III

**d.4) Descripción de la biodiversidad**

Para la descripción de este aparatado, se realizó una descripción tanto a nivel riqueza como en su diversidad.

- **Riqueza (S)**

Se define como riqueza al número de especies presentes en un área determinada. Para este caso en particular es el número total de especies presentes dentro de los muestreos realizados a largo de las actividades de caracterización forestal.

- **Diversidad**

La diversidad de especies en cada sitio de muestreo se calculó por medio del índice de Shannon-Wiener (H') base logaritmo natural y el índice de dominancia de Simpson ($\lambda$), por considerar que son poco sensibles a la presencia de las especies menos abundantes. Adicionalmente, se evaluó el índice de equitatividad de Pielou (J´) para comparar la diversidad calculada con el índice de H´ y la máxima diversidad que puede albergar el área de estudio (Krebs, 1985; Meave *et al.,* 1992; Catalan-Heverástico *et al*., 2003, Halffter *et al,* 2007).


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

- ***Índice de Shannon-Wiener (H')***

Este índice se representa como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0 y 5; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos, aunque algunos ecosistemas considerados muy ricos pueden alcanzar valores de 5 o más:

$$H' = - \sum pi \ln pi$$

Dónde:

S = número de especies (la riqueza de especies)
Pi = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): ni/N

- ***Índice de equitatividad de Pielou (J´)***

Este índice permite compara la diversidad esperada con la calculada y determinar un valor que indica la relación que existe entre la intensidad del muestreo y lo que el indicador puntualiza (Magurran, 1988; Peet, 1974).

$$J´ = H´/H´max$$

Dónde:

H´= índice de diversidad de Shannon-Wiener.
H´max = diversidad máxima esperada.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

***e) Resultados***

A continuación, se presentan los resultados del análisis de la flora potencial y lo obtenido a través de los muestreos biológicos en campo.

***e.1) Flora potencial dentro de la Región Ecológica (RE)***

El Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (SNIB) es una plataforma que compila, organiza y distribuye información sobre la biodiversidad y los recursos biológicos de México. Es a través de las bases de datos proporcionadas por los proyectos apoyados por la CONABIO, así como de los registros realizados en plataformas como INaturalist que esta plataforma ofrece un inventario nacional de registro de especies pertenecientes a diferentes grupos biológicos.

Es así como mediante la recopilación de los registros de especies vegetales extraídos del Geoportal del SNIB, se obtuvieron y procesaron un total de 6,582 registros para la Región Ecológica (RE), pertenecientes a un total de 706 especies potenciales de flora.

Los datos de registros obtenidos fueron procesados en el Sistema de Información Geográfica (SIG) denominado como QGIS 3.40.4, en el cual a través de la herramienta de geoproceso denominada como “corte”, se delimitaron los registros puntuales de las especies de flora al área de la Región Ecológica (RE), para posteriormente tras generar una cuadricula de hexágonos con dimensiones fijas de 2 kilómetros de alto y ancho dentro de la RE, realizar un conteo de los registros que inciden en cada hexágono que conforma la cuadrícula y de esa manera generar un gradiente que refleje las zonas donde se concentra la riqueza y la abundancia (según el caso) de las especies en la RE.

Para ello, se establecieron rangos de acuerdo con el número máximo y mínimo de especies (en el caso de riqueza) o individuos (en el caso de abundancia) acumulados en los polígonos hexagonales distribuidos en la Región Ecológica, de tal modo que se creó un gradiente conforme el número de especies contenidas en cada uno de estos polígonos.

Como parte de la caracterización del componente flora, estos resultados se consideran suficientes puesto que permiten analizar la riqueza dentro de este RE a través del periodo comprendido entre 1934 y 2024 (90 años de registros históricos), lo cual ofrece un análisis más detallado sobre la riqueza que se pudiera registrar a través de muestreos en campo, además de que se trata de registros depurados y con una identificación con valides por la comunidad científica. Es por ello por lo que se concluye que esta información es válida para este componente.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D “Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez”. Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

Dentro de la flora potencial registrada en la Región Ecológica, se registraron un total de 706 especies distribuidas en 112 familias y 415 géneros, resultando en 37 especies exóticas, 15 especies exóticas-invasoras y 654 nativas, de las cuales 32 son endémicas. Así mismo, de acuerdo con los criterios que establecen organismos internacionales como Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), así como la NOM-059 a nivel nacional, que múltiples especies se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo. De ese modo, se categorizaron un total de 37 especies en apéndices CITES, todas incluidas dentro del apéndice II. Por otro lado, en la categorización por parte del IUCN se registraron un total de 335 especies distribuidas en 6 diferentes categorías de riesgo conforme este organismo, de modo en que 5 especies no cuentan con los datos suficientes DD, 315 especies se encuentran bajo Preocupación menor (LC), 6 como Vulnerables (VU), 5 especies casi amenazadas (NT) a *Bakeridesia yucatana, Esenbeckia berlandieri* y *Ziziphus yucatanensis* como especies en Peligro (EN) y a *Guettarda elliptica* como especie en Peligro Crítico (CR).

Finalmente, para las especies categorizadas en alguna situación de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación en su Anexo Normativo III (2019), se encontraron 14 especies en alguna categoría de riesgo conforme a este organismo, siendo que 3 de ellas se encuentran sujetas a protección especial (Pr) y las 11 restantes como especies amenazadas (A).

**Tabla III. 36. Flora potencial categorizada como Sujeta a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III.**

| Especies Sujetas a Protección Especial (Pr) | Endemismo |
|---|---|
| *Cedrela odorata* | No endémica |
| *Hamelia rovirosae* | No endémica |
| *Thalassia testudinum* | No endémica |

**Tabla III. 37. Flora potencial categorizada como Amenazada (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.**

| Especies Amenazadas (A) | Endemismo | Especies Amenazadas (A) | Endemismo |
|---|---|---|---|
| *Acosmium panamense* | No endémica | *Laguncularia racemosa* | No endémica |
| *Beaucarnea pliabilis* | Endémica | *Pseudophoenix sargentii* | No endémica |
| *Coccothrinax readii* | Endémica | *Rhizophora mangle* | No endémica |
| *Conocarpus erectus* | No endémica | *Syringodium filiforme* | No endémica |
| *Conocarpus erectus sericeus* | No endémica | *Thrinax radiata* | No endémica |
| *Guaiacum sanctum* | No endémica | | |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

***e.2) Resultados a través de los muestreos biológicos***

A continuación, se presentan los resultados de los muestreos biológicos sobre la flora a través de los muestreos en campo. Esto a manera de presentar una comparación entre lo registrado dentro de la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP)

- **Vegetación Secundaria Arbórea de la Selva Mediana Subperennifolia (VSA/SMQ)**

En este tipo de vegetación, en el área de AP se registraron 42 especies que pertenecen a 41 géneros y 29 familias, mientras que en la RE se registró un total de 62 especies clasificados en 58 géneros y 43 familias. Como se observa en dicha figura la mayor diversidad florística la presentó la RE.

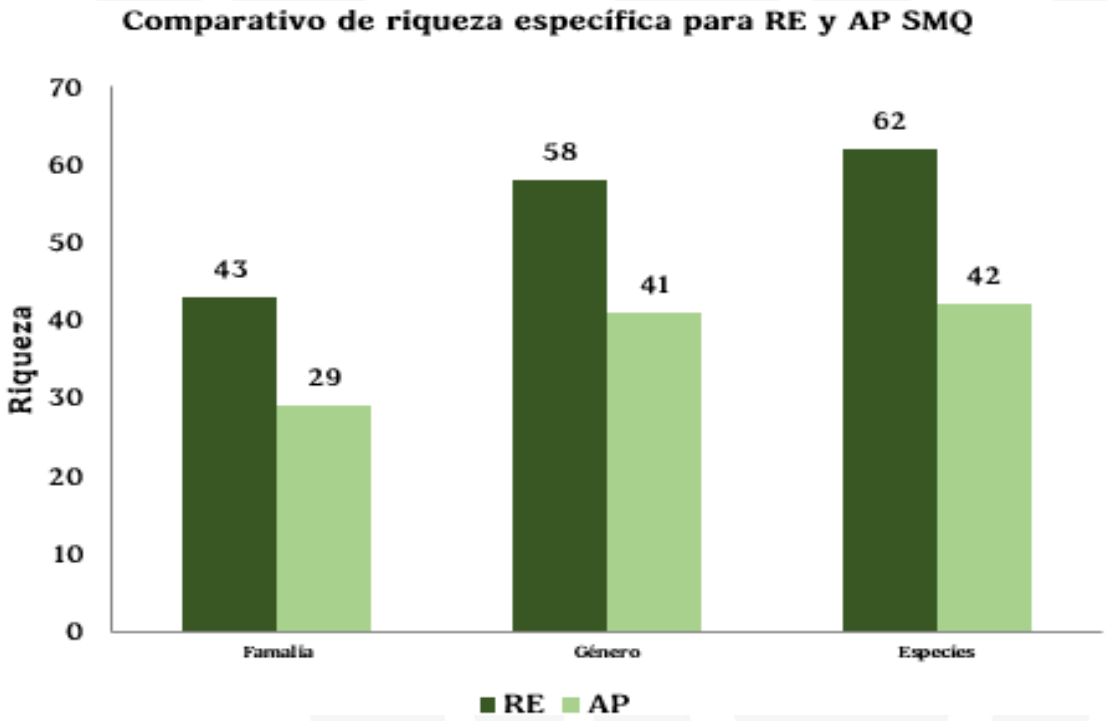



**Figura III. 26. Comparación de la riqueza específica por categoría taxonómica. Elaboración propia.**

En ambas unidades de análisis, el estrato arbóreo presentó la mayor riqueza florística, seguido del estrato arbustivo y palmas. Se observa que, el estrato de epifitas o enredaderas fue el estrato menos diverso en ambas áreas.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

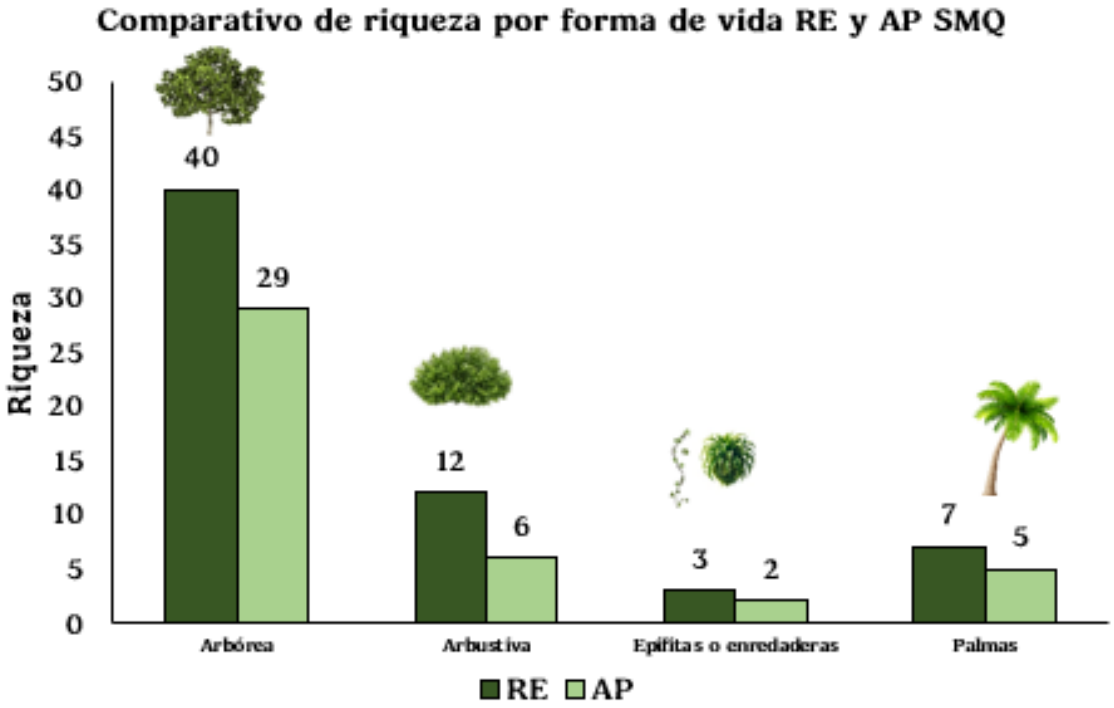



**Figura III. 27. Comparación de la riqueza específica por estratos. Elaboración propia.**

**Tabla III. 38. Comparativa por especie entre la RE y el AP. Elaboración propia.**

| Estratos | RE | AP |
|---|---|---|
| Arbórea | 40 | 29 |
| Arbustiva | 12 | 6 |
| Epífitas o enredaderas | 3 | 2 |
| Palmas | 7 | 5 |
| **Total** | **62** | **42** |

En el estrato arbóreo, la RE alberga 40 especies, mientras que el área de AP presenta 29 especies, lo que indica una mayor diversidad en la RE. Esta diferencia puede atribuirse a la fragmentación del hábitat causada por actividades antropogénicas (ganadería y agricultura e infraestructura) además de los fenómenos naturales (tormentas tropicales y huracanes) los cuales inciden y dan como resultado cambios importantes en la estructura del ecosistema, lo que a su vez puede estar relacionado con la abundancia de diversas especies en el área (Whigham et al., 2003).

En el estrato arbustivo, la RE registró 12 especies en contraste con las 6 del área de AP. Esto está influido principalmente por la diversidad arbórea la cual exhibe una dominancia absoluta sobre los demás estratos, en términos de la estructura horizontal y vertical de la vegetación de SMQ, así mismo está determinado por la disposición de nutrientes y luminosidad.

Las epífitas o enredaderas en la RE registraron 3 especies, mientras que el AP mostró 2 especies. Este grupo es especialmente susceptible a los cambios en la cobertura forestal, que inciden en su riqueza y abundancia (Cervantes *et al*., 2005).

En el estrato de palmas se registraron siete especies en la RE, mientras que en el AP únicamente se registraron cinco. Las palmas se consideran productos forestales no maderables y son utilizadas por las comunidades locales como material de construcción y para la elaboración de artesanías, por lo que su aprovechamiento podría influir en su abundancia y distribución (Martínez-Ballesté et al., 2008).

No obstante, dentro del Parque Nacional Tulum, la infraestructura carretera y de caminos figura entre las principales causas de deterioro del mismo, lo que ha permitido el saqueo de individuos incluidos en la NOM-059. Sin embargo, las actividades del AP prohíben terminantemente el uso o aprovechamiento de la flora y fauna silvestre, con el fin de preservar las especies nativas, endémicas y amenazadas, dada su importancia para el equilibrio ecológico de la zona. Por otra parte, dado que las actividades del AP podrían afectar a las especies presentes en la superficie sujeta a evaluación, se implementarán programas de rescate y reubicación de flora nativa y fauna silvestre, con el propósito de mitigar los posibles efectos negativos derivados de su ejecución.

Es relevante señalar que, de las 42 especies registradas en el área AP, todas se encuentran también en la RE.

**Tabla III. 39. Comparativa por especie entre la RE y el AP. Elaboración propia.**

| No. | Nombre científico | Distribución | NOM-059-SEMARNAT-2010 | UICN | CITES | Prioritaria (CONABIO 2012) | RE | AP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Manilkara zapota* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 2 | *Randia aculeata* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 3 | *Gymnanthes lucida* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 4 | *Coccoloba diversifolia* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 5 | *Ottoschulzia pallida* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 6 | *Drypetes lateriflora* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 7 | *Piscidia piscipula* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 8 | *Cascabela gaumeri* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 9 | *Vitex gaumeri* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 10 | *Cenostigma gaumeri* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 11 | *Exothea diphylla* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 12 | *Bursera simaruba* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 13 | *Pilocarpus racemosus* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 14 | *Damburneya coriacea* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 15 | *Lonchocarpus xuul* | Nativa | - | - | - | - | | |
| 16 | *Coccoloba spicata* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 17 | *Brosimum alicastrum* | Nativa | - | LC | - | CONABIO 2012 | | |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| No. | Nombre científico | Distribución | NOM-059-SEMARNAT-2010 | UICN | CITES | Prioritaria (CONABIO 2012) | RE | AP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | *Diospyros tetrasperma* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 19 | *Metopium brownei* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 20 | *Melicoccus oliviformis* | Exótica | - | - | - | - | | |
| 21 | *Neea psychotrioides* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 22 | *Eugenia acapulcensis* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 23 | *Gymnopodium floribundum* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 24 | *Croton arboreus* | Endémica | - | LC | - | - | | |
| 25 | *Erythrostemon yucatanensis* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 26 | *Cordia dodecandra* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 27 | *Hampea trilobata* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 28 | *Sapranthus campechianus* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 29 | *Coccoloba acapulcensis* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 30 | *Lysiloma latisiliquum* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 31 | *Eugenia foetida* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 32 | *Thouinia paucidentata* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 33 | *Oxandra lanceolata* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 34 | *Ficus obtusifolia* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 35 | *Mosannona depressa* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 36 | *Esenbeckia pentaphylla* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 37 | *Cameraria latifolia* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 38 | *Ceiba pentandra* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 39 | *Malpighia glabra* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 40 | *Muntingia calabura* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 41 | *Bromelia pinguin* | Nativa | - | - | - | - | | |
| 42 | *Randia truncata* | Endémica | - | LC | - | - | | |
| 43 | *Bauhinia jenningsii* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 44 | *Bonellia flammea* | Endémica | - | EN | - | - | | |
| 45 | *Bunchosia swartziana* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 46 | *Vachellia cornigera* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 47 | *Parmentiera millspaughiana* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 48 | *Callicarpa acuminata* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 49 | *Guilandina bonduc* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 50 | *Lippia origanoides* | Nativa | - | - | - | - | | |
| 51 | *Ocimum campechianum* | Nativa | - | - | - | - | | |
| 52 | *Pluchea carolinensis* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 53 | *Deamia testudo* | Nativa | - | LC | Ape. II | - | | |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| No. | Nombre científico | Distribución | NOM-059-SEMARNAT-2010 | UICN | CITES | Prioritaria (CONABIO 2012) | RE | AP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 54 | *Hippocratea volubilis* | Nativa | - | - | - | - | | |
| 55 | *Anthurium schlechtendalii* | Nativa | - | - | - | - | | |
| 56 | *Sabal mexicana* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 57 | *Chamaedorea seifrizii* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 58 | *Thrinax radiata* | Nativa | A | LC | - | - | | |
| 59 | *Coccothrinax readii* | Endémica | A | NT | - | - | | |
| 60 | *Sabal yapa* | Nativa | - | LC | - | - | | |
| 61 | *Beaucarnea pliabilis* | Nativa | A | VU | Ape. II | - | | |
| 62 | *Roystonea regia* | Nativa | Pr | LC | - | - | | |

**Dónde 1 significa presencia y 0 ausencia.**

Las especies registradas en el AP también se encuentran reportadas dentro de los muestreos de la Región Ecológica (RE), lo cual evidencia una alta similitud florística entre ambas unidades de análisis y confirma que comparten características ecológicas, climáticas y de uso de suelo semejantes. Ambas especies son elementos nativos comunes de selvas altas y medias subperennifolia subhúmedo del sureste de México, particularmente en estados como Quintana Roo, Yucatán y Campeche (Pennington & Sarukhán, 2005; Rzedowski, 2006).

La coincidencia de estas especies entre la RE y el AP sugiere que ambas áreas forman parte de una misma matriz ecológica regional, donde predominan condiciones ambientales similares, tales como regímenes estacionales de precipitación, tipos de suelo, procesos sucesionales y antecedentes de perturbación antropogénica moderada (Flores & Espejel, 1994; Miranda, 1978).

La similitud en la composición florística observada entre ambas unidades de análisis también puede atribuirse a la conectividad ecológica existente en el paisaje regional, la cual permite el intercambio de propágulos, dispersión de semillas y continuidad de comunidades vegetales entre sitios cercanos o ambientalmente relacionados (Dirzo et al., 2009). En este sentido, la presencia coincidente de las especies registradas tanto en la RE como en el AP respalda la representatividad ecológica del área evaluada y demuestra congruencia entre los resultados obtenidos en ambos estudios.

Por lo anterior, la coincidencia de especies entre la Región Ecológica (RE) y el Área del Proyecto (AP) no representa una discrepancia metodológica, sino un resultado esperado derivado de la similitud ecológica, fisiográfica y de uso de suelo entre ambas unidades ambientales, así como de la continuidad de las comunidades vegetales presentes en la región de estudio.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

- **Especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019)**

En la RE se registraron tres especies amenazadas (A) y una sujeta a protección especial (Pr), Así mismo en el AP se registraron todas las especies que se registraron en la RE bajo alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010, como se muestra en la siguiente tabla. Mientras que potencialmente dentro de las superficies de interés se pueden registrar 14 especies listadas en la NOM-059 once de ellas listadas en la categoría de Amenazadas y solo tres en Sujetas a Protección Especial.

**Tabla III. 40. Comparación de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Listado potencial, RE y AP). Elaboración propia.**

| Categoría de riesgo | Zona | | |
|---|---|---|---|
| | Flora potencial | RE | AP |
| Sujeta a Protección Especial (Pr) | 3 | 1 | 1 |
| Amenazadas (A) | 11 | 3 | 3 |
| En Peligro de Extinción (P) | 0 | 0 | 0 |

**Tabla III. 41. Comparación de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 CH y CUSTF. Elaboración propia.**

| No | Estrato | Nombre científico | Categoría | Distribución | RE | AP |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Palmas | *Thrinax radiata* | Amenazada (A) | Nativa | X | X |
| 2 | Palmas | *Coccothrinax readii* | Amenazada (A) | Endémica | X | X |
| 3 | Palmas | *Beaucarnea pliabilis* | Amenazada (A) | Nativa | X | X |
| 4 | Palmas | *Roystonea regia* | Sujeta a protección especial (Pr) | Nativa | X | X |

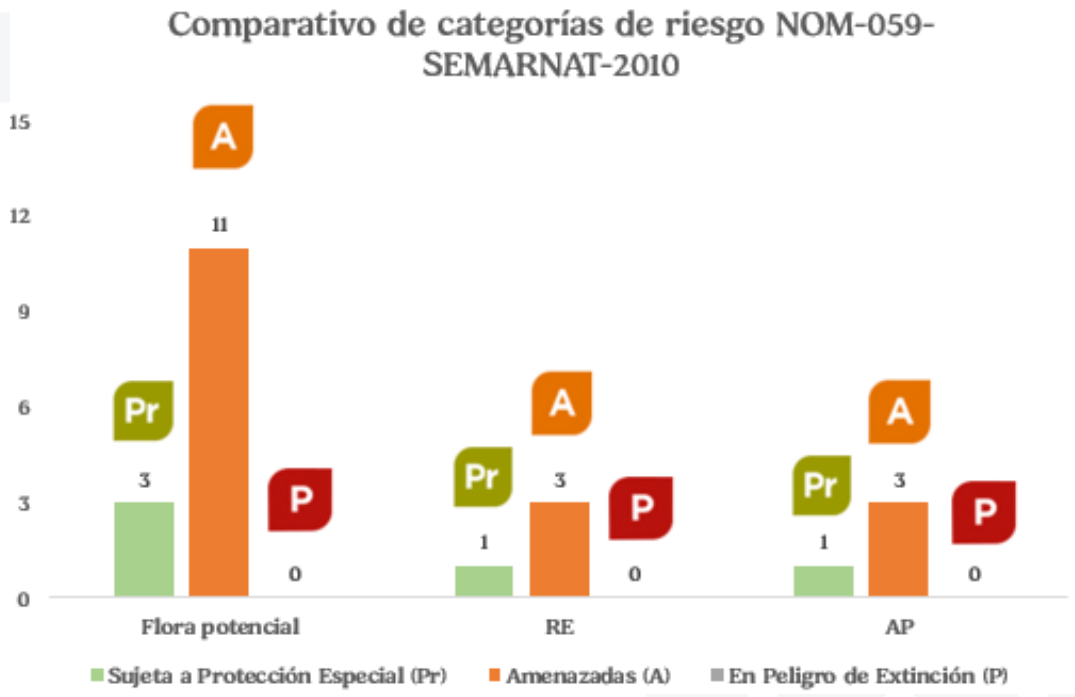



**Figura III. 28. Comparación de especies listadas en la NOM-059 (Listado potencial, RE y AP). Elaboración propia.**


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

- **Especies prioritarias para la CONABIO**

En el contexto de las especies prioritarias de la Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), se registraron en la CH y el área sujeta a CUSTF solo a la especie: *Brosimum alicastrum*.

**Tabla III. 42. Comparación de especies prioritarias de la CONABIO. Elaboración propia.**

| No | Estrato | Especie | Categoría | RE | AP |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Arbóreo | *Brosimum alicastrum* | CONABIO 2012 | X | X |

- **Lista Roja de IUCN**

De acuerdo con los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), se registraron las siguientes categorías de especies en el Listado potencial, Región Ecológica (RE) de SMQ y en el Área del Proyecto (AP):

De las 706 especies registradas potencialmente 305 de ellas se encuentran categorizadas en Preocupación menor (LC), 5 sin Datos Insuficientes (DD), seis Vulnerable (VU), cinco Casi amenazado (NT), tres En peligro (EN) y una de ellas se encuentra listada como En peligro crítico (CR). En los que respecta a la RE 52 especies se encuentran listadas en Preocupación menor (LC) y solo una de ellas se encuentra en VU, NT y EN, en el caso de la superficie sujeta a evaluación 32 se enlistan en Preocupación menor (LC), una en Vulnerable (VU= *Beaucarnea pliabilis*) y una en Casi Amenazada (NT= *Coccothrinax readii*).

**Tabla III. 43. Comparación de especies en la Lista Roja de la IUCN. Elaboración propia.**

| Categoría de riesgo | Zona | | |
|---|---|---|---|
| | Flora potencial | RE | AP |
| Datos Insuficientes (DD) | 5 | 0 | 0 |
| Preocupación menor (LC) | 315 | 52 | 35 |
| Vulnerable (VU) | 6 | 1 | 1 |
| Casi amenazado (NT) | 5 | 1 | 1 |
| En peligro (EN) | 3 | 1 | 0 |
| En peligro crítico (CR) | 1 | 0 | 0 |
| Sin categoría (SC) | 371 | 7 | 5 |
| **Total general** | **706** | **62** | **42** |

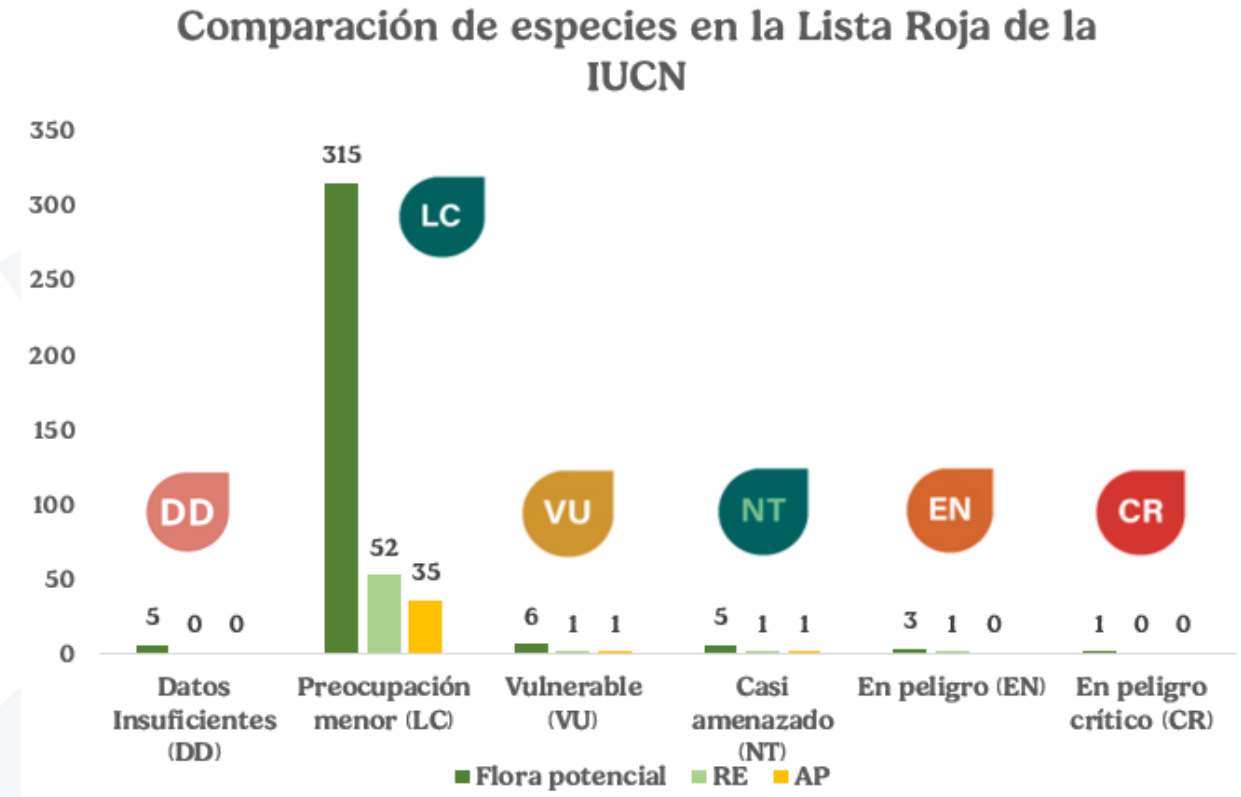



**Figura III. 29. Comparación de especies listadas en la IUCN (Listado potencial, RE y AP). Elaboración propia.**

- **Apéndices de la CITES**

En la Región Ecológica (RE) de SMQ, se registraron 2 especies bajo el Apéndice II de la CITES, representando. En el AP, se registraron 1 de las especies que se registraron en la RE. La mayoría de las especies no están catalogadas (S/C), lo que equivale al 91% en la RE y 90% en el CUSTF. Cabe mencionar que las especies catalogada como exótica invasora por CONABIO, no sé incluirá como prioritaria para el Programa de Rescate y Reubicación de especies de flora silvestre (Capítulo IX).

**Tabla III. 44. Comparación de especies en la Listadas en CITES. Elaboración propia.**

| Categoría de riesgo | Zona | | |
|---|---|---|---|
| | Flora potencial | RE | AP |
| Apéndice I | 0 | 0 | 0 |
| Apéndice II | 37 | 2 | 1 |
| Apéndice III | 0 | 0 | 0 |
| Sin categoría (SC) | 669 | 60 | 41 |
| **Total general** | **706** | **62** | **42** |

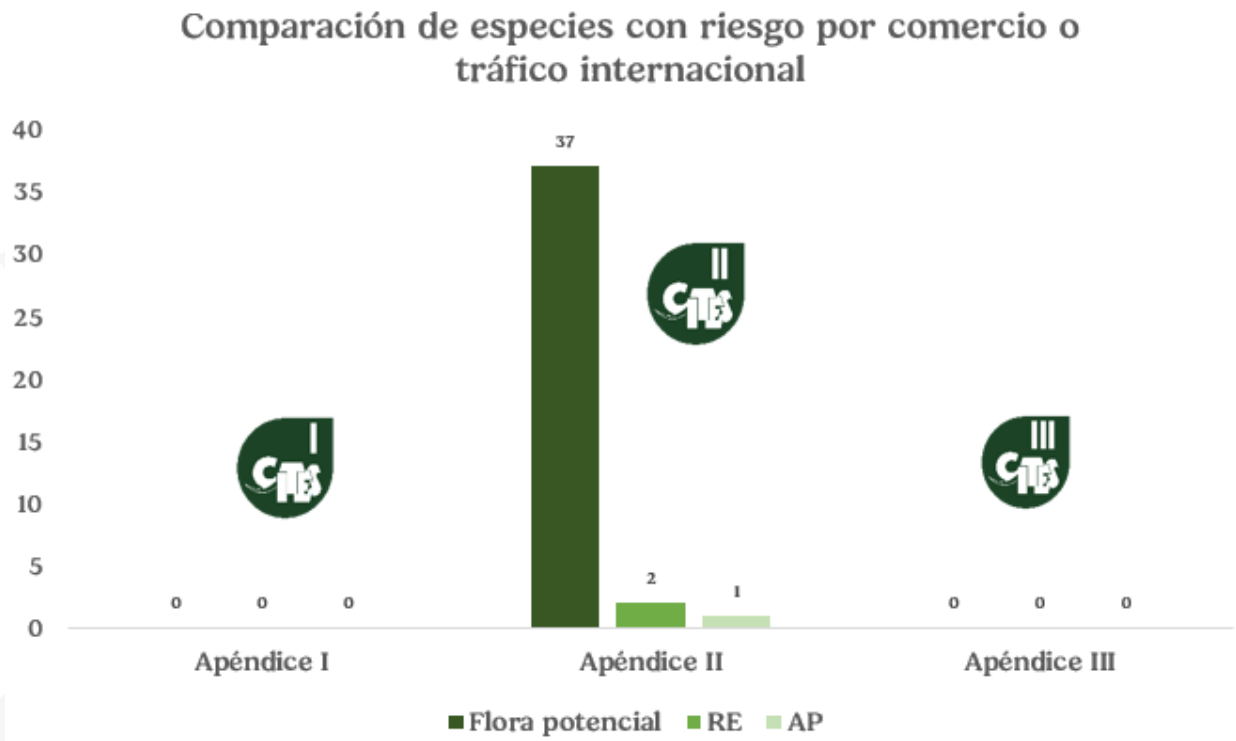



**Figura III. 30. Comparación de especies listadas en el CITES (Listado potencial, RE y AP). Elaboración propia.**

- **Especies de importancia dentro del estado de Quintana Roo**

A continuación, se presenta un análisis de las especies de importancia biológica o reconocidas dentro del Estado a través del estudio *Riqueza Biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación* de Pozo, C. (2011) de la CONABIO (https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/6607.pdf y https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/6608.pdf).

Conforme a este estudio, se indica que 19 especies y 2 variedades (21 taxones en total) son de importancia para su conservación debido al endemismo que presentan dentro del Estado de Quintana Roo. A continuación, se enlistan estas especies, y si fueron registradas dentro de la flora potencial, así como dentro de los registros en campo de la RE y AP. Se destaca de manera potencial se registraron solo a 3 de estas especies, y respecto a los muestreos biológicos, tanto en la RE como en el AP no se registraron a estas especies.

**Tabla III. 45. Flora endémica vascular con incidencia en la RE y el AP. Elaboración propia.**

| ESPECIE | Familia | Flora potencial | Registro en la RE | Registro en el AP |
|---|---|---|---|---|
| *Justicia edgarcabrerae* | Acanthaceae | | | |
| *Justicia cobensis* | Acanthaceae | | | |
| *Justicia dendropila* | Acanthaceae | | | |

| ESPECIE | Familia | Flora potencial | Registro en la RE | Registro en el AP |
|---|---|---|---|---|
| *Justicia leucothamna* | Acanthaceae | | | |
| *Matelea belizensis* | Apocynaceae | | | |
| *Sabal gretheriae* | Arecaceae | | | |
| *Hohenbergia mesoamericana* | Bromeliaceae | | | |
| *Tillandsia may-patii* | Bromeliaceae | | | |
| *Croton pseudoglabellus* | Euphorbiaceae | | | |
| *Acacia cedilloi* | Fabaceae | | | |
| *Stylosanthes quintanarooensis* | Fabaceae | | | |
| *Bakeridesia yucatana* | Malvaceae | | | |
| *Passiflora yucatanensis* | Passifloraceae | | | |
| *Habenaria león-ibarrae* | Orchidaceae | | | |
| *Myrmecophila lagunaguerrerae* | Orchidaceae | | | |
| *Sabicea flagenioides* | Rubiaceae | | | |
| *Cestrum yucatanense* | Solanaceae | | | |
| *Jacquinia saklol* | Theophastraceae | | | |
| *Citharexylum calvum* | Verbenaceae | | | |
| *Dalea scandens var. gaumeri* | Fabaceae | | | |
| *Senna pallida var. goldmaniana* | Fabaceae | | | |

- **Especies exóticas y exóticas-invasoras**

De manera potencial, de acuerdo con la base de datos del Sistema Nacional sobre Información de Biodiversidad en México (SNIB), se identificó la presencia potencial de 37 especies exóticas y 15 exóticas-invasoras (sumando 52 de ellas en total), de acuerdo con el ACUERDO por el que se determina la Lista de Especies Exóticas Invasoras para México publicado el 7 de diciembre de 2016.

De estas, tanto para la RE como para el AP, sólo se registró a la especie exótica *Melicoccus oliviformis*.

### *f) Conclusiones*

Los resultados obtenidos dentro de la caracterización de la vegetación de la RE y el AP demuestran que la Región Ecológica (RE) presenta un mejor estado de conservación conforme a su estructura, riqueza y biodiversidad, albergando especies clave para el funcionamiento del mismo. Asimismo, dentro de la RE y el AP se identificaron como de amplia distribución dentro del estado de Quintana Roo, México. Por ello, se concluye que este proyecto es viable en términos de vegetación. No obstante, se ejecutarán medidas de prevención, mitigación y compensación sobre el componente flora y vegetación (como el rescate y reubicación de flora silvestre) con la finalidad de salvaguardar el recurso vegetal de este proyecto. Por ello, **no comprometerá ni afectará a la biodiversidad en términos de la flora y vegetación de la Región Ecológica (RE) siempre y cuando se ejecuten las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas para este estudio.**

## III.7.2. Fauna

### *a) Fauna dentro de la Península de Yucatán*

México es considerado como uno de los países con mayor diversidad biológica, ocupando el segundo lugar en riqueza de reptiles y el cuarto en anfibios (Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, 2006; Parra-Olea *et al.,* 2014; Flores-Villela y García-Vázquez, 2014), mientras que en el caso particular del estado de Yucatán para la herpetofauna se reportan 18 especies de anfibios y 87 especies de reptiles, 456 especies de aves, 89 especies de mamíferos terrestres y 30 especies de mamíferos acuáticos (CONABIO, 2023).

La Península de Yucatán es una de las pocas grandes penínsulas del mundo cuya base se encuentra más al sur que su ápice, lo cual, sumado a su relieve plano, acentúa la influencia climática marina y la sitúa en la trayectoria de los vientos y ciclones caribeños. Varios autores han detectado la existencia de patrones de distribución, abundancia y riqueza y su relación con los gradientes latitudinal, altitudinal y de humedad de la península.

La vegetación consiste en bosques tropicales húmedos, bosques estacionalmente secos, sabanas arbustivas, pastizales inundables y manglares en las ciénegas costeras salobres (Dinerstein *et al*., 1995). Los distintos tipos de vegetación generalmente se asocian con características específicas del suelo (Barrera, 1962).

La estructura y calidad ambiental de la Región Ecológica (RE), está determinada por varios factores como lo son la riqueza, estructura y diversidad de sus elementos bióticos, entre estos la fauna es un elemento principal para determinar la condición de la RE, por lo que conocer el estado en que se encuentra este componente, así como las fuentes de deterioro que la afectan constituyen la base para ubicar el grado de integridad del ecosistema.

La RE se ubica en el estado de Yucatán, por lo que el presente apartado está enfocado en determinar la fauna presente en dicho espacio geográfico. De igual manera, se hace la aclaración que la caracterización de la RE se constituye con la información generada a partir de muestreos en campo de los grupos de herpetofauna, avifauna y mastofauna, en la determinación no se incluyen grupos de invertebrados debido a que el proyecto no presenta situaciones específicas de presión negativa sobre ellos, debido a la capacidad de resiliencia de sus poblaciones y a su amplia distribución.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

***b) Metodología de trabajo***

Con la finalidad de realizar la caracterización de la fauna dentro de este estudio, se realizó la consulta en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), plataforma administrada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), esta plataforma ofrece diversos productos de consulta, entre los que se encuentra el geoportal de la CONABIO, donde se pone a disposición información contenida en bases de datos, provenientes de proyectos desarrollados, así como, otras fuentes de acceso abierto que han sido incorporadas al sistema.

La toma de información de los grupos faunísticos que componen la RE del proyecto se realizó utilizando el **diseño de muestreo dirigida** a lo largo de la RE, ya que los ecosistemas presentes se distribuyen de manera homogénea dentro de este y no presentan una gran variabilidad florística y dasométrica. Una vez determinados los sitios de muestreos, se recopiló todo el material y equipo necesario para la ejecución del trabajo de campo. **Los muestreos se realizaron en dos temporadas las cuales corresponden a lluvias en los meses de (octubre) del 2026 y secas en los meses de (marzo) del 2026 con una duración de 2 meses.**

Los muestreos que se presentan a continuación se focalizaron dentro del Área del Proyecto (AP) principalmente porque será el área específica en donde se realizarán las acciones de desmonte y despalme en donde habita la fauna silvestre, así como la afectación directa a la vegetación, en tanto que se realizó una réplica a manera de comparación exclusivamente dentro de la Región Ecológica (RE) para puesto que las condiciones ecosistémicas obedecen principalmente a selvas bajas y medianas. En este caso, no se realizaron muestreos dentro del Área de Influencia (AI) puesto que las condiciones ecosistémicas de las selvas son muy similares, y se optó por sitios más retirados al AP para tener un mayor contraste e identificar de mejor manera los impactos con escenarios contrastantes.

A continuación, se presenta una breve descripción de los estudios realizados y registros obtenidos en el estado por donde el proyecto se encuentra ubicado, así como en la Región Ecológica (RE).

- **Anfibios y reptiles**

El estudio de la herpetofauna en la región inicia en el siglo XX, con aportes de Shattuck (1933), Gaige (1936), Smith (1938), Maslin (1962) y Barrera (1963), destacan aportes de Duellman (1965), Campbell (1999) y Lee (1980, 1996, 2000), cuyas revisiones son a nivel regional (Península de Yucatán y Mesoamérica) compilan información sobre distribución, taxonomía y ecología.

Más recientemente, sobresale la contribución de González y colaboradores (2017), de forma similar, aportan una compilación de la herpetofauna en la Península de Yucatán, donde incluyen patrones de distribución, estado de conservación e


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

identifican las principales amenazas al grupo. Reportan una diversidad herpetofaunística para la Península de Yucatán de 145 especies, integradas en 40 familias y 90 géneros. Mencionan que la menor diversidad en anfibios se observa en el estado de Yucatán debido probablemente a las condiciones secas que influyen en el desarrollo de vegetación menos diversa y más xérica, en comparación con Campeche y Quintana Roo. Asimismo, utilizan las regiones fisiográficas para examinar la distribución de la herpetofauna en el sureste mexicano, en donde se reportan una composición de anfibios y reptiles en las provincias "Petén" y "Yucatán", donde se ubica la RE.

- **Aves**

El estudio del grupo en la región mantiene grandes aportaciones como los realizados por Griscom (1926), Traylor (1941), Paynter (1955), Waide et al. (1980), Waide (1981), Howell, (1989) y MacKinnon (1989). Más recientemente se encuentran estudios que han contribuido a crecer el listado, conocer la distribución de las especies y/o determinar las interacciones ecológicas de algunas especies (principalmente las migratorias), como los elaborados por Lynch (1992), MacKinnon (1993), Salgado (1999), Collins (2003) MacKinnon *et al*. (2003), Chablé y Pasos (2005), Escalona *et al*. (2010), Cortés-Ramírez *et al.* (2012) y Rangel-Salazar *et al.* (2013).

Hay trabajos en la península de Yucatán como el de Toledo (2008), particularmente el uso de las especies silvestres por las comunidades mayas.

De acuerdo con el trabajo de Lynch (1989), la distribución de especies invernantes y transitorias abarca toda el área de la península. Para Deppe y Rotenberry (2005), esta distribución se ve afectada por factores que incluyen la distribución de la vegetación, abundancia de alimento y competencia; cada uno influido por la edad, sexo y condición energética. También se ha notado que la mayor parte de las aves invernantes son de hábitos neárticos insectívoros (Greenberg, 1992), seguidas por los nectarívoros y frugívoros, omnívoros y granívoros (Levey y Stiles, 1992; Deppe y Rotenberry, 2005); aunque también se han detectado los cambios de hábitos alimenticios; por ejemplo, de una dieta de insectos a otra frugívora (Levey y Stiles, 1992; Greenberg et al., 1993), situación que se explica por la disminución en las poblaciones de insectos durante el invierno (Levey y Stiles, 1992).

- **Mamíferos**

Los estudios sobre la mastofauna en México son amplios, abarcan temas de taxonomía, filogenia, distribución, comportamiento, reproducción, alimentación, entre otros (Sosa-Escalante et al., 2013). Para los mamíferos mexicanos existe amplia información (Ramírez-Pulido y Britton, 1981; Arita y León-Paniagua, 1993; Ceballos *et al*., 2002), sin embargo, es poco el esfuerzo por recopilar la información en obras de


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

fácil acceso que incluyan el análisis de las publicaciones referentes a los mamíferos de México (Guevara-Chumacero *et al*., 2001).

Sosa-Escalante *et. al*., (2013) analizaron la compilación de las publicaciones realizadas en 110 años de los mamíferos terrestres en la Península de Yucatán. Dentro de su listado, determinan que son 123 especies de mamíferos las que ocurren en la Península, siendo los grupos Chiroptera y Rodentia los más diversos, pues en conjunto representan el 68% de la mastofauna.

- **Trabajo en campo**

Ya definidos los sitios de muestreo para la caracterización de la fauna, se realizaron recorridos de campo para verificar que los tipos de ecosistemas definidos en escritorio fueran congruentes con lo que se distribuye en campo. En caso de que se presentarán condiciones adversas que pudieran complicar la logística y el plan original, se modificaron los sitios a otros lugares en donde se cumplieran de mejor manera los objetivos de la caracterización de los grupos faunísticos.

- **Metodología de muestreo**

La determinación de los métodos, los sitios de muestreo, el número de biólogos involucrados y el tiempo necesario para llevar a cabo el estudio faunístico, se realizó con base en el análisis del ciclo biológico de las especies a estudiar, tipo de vegetación y de la cartografía del área de estudio (imagen de satélite, modelo digital de elevación y carta de uso de suelo y vegetación). Durante cada temporada de muestreo **lluvias (1 al 20 de octubre de 2026) y secas (01 al 20 de marzo de 2026)**, se implementó de manera sistemática el mismo diseño y esfuerzo para cada grupo de fauna para cumplir con los supuestos de cada método y poder analizar la información con suficiencia estadística.

El método principal utilizado fue el de conteo en transectos lineales, el cual permite estimar la presencia, abundancia, riqueza, actividad y densidad poblacional de las especies (Buckland *et al.,* 1993; Wallace, 1999). La implementación de este método es funcional para todos los grupos de vertebrados (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), además de ser de bajo costo y mantener un requerimiento de personal bajo-medio, se puede cubrir áreas extensas en poco tiempo. En esta metodología el observador camina a velocidad constante y en línea recta el llamado transecto, donde se registran todos los organismos y rastros observados, este método de registro es eficaz, pues al estar el observador en movimiento evita contar dos veces al mismo individuo (De la Maza *et al*., 2013). Por su parte, el conteo de rastros de la fauna silvestre dentro del recorrido de transectos presenta ciertas ventajas, pues corresponde a métodos de fácil aplicación en el campo, no representa disturbio a los individuos, y se

puede aplicar en diferentes hábitats, además de proveer registros persistentes (Aguirre-León, 2011).

El registro de las especies fue por medio de la observación directa o visual (anfibios, reptiles, aves, mamíferos), auditiva (para el caso de aves y anfibios), así como por medio de registros indirectos (huellas, excretas, madrigueras, huesos, nidos, entre otros), los cuales se contemplaron únicamente para complementar la información de la riqueza total y verificar la presencia de aquellas especies que no pudieran ser registradas mediante métodos directos. Durante los muestreos fueron tomados datos, además del registro de especies, como hora de inicio, hora final, coordenada de inicio, coordenada final, tipo y características de la vegetación, número de individuos observados o escuchados, entre otros y cuando fue posible se realizó el registro fotográfico de los ejemplares que se observaron.

Para todos los grupos de fauna se recorrieron un total de 12 transectos lineales para RE y 4 para el AP, con una longitud de 50 m y un ancho variable dependiendo del grupo de fauna a muestrear. A lo largo de estos transectos, en puntos estratégicos se instalaron trampas Tomahawk Y Sherman, esto con la finalidad de tener un mayor registro de la fauna presente en la RE.

### *Ubicación y cantidad de los sitios de muestreo*

Derivado del análisis de la información vectorial de la *Carta de Uso de Suelo y Vegetación* Serie VII de INEGI (2021) y ecosistemas que albergan fauna, se definió que los tipos de vegetación dominantes **dentro de la RE** y de influencia directa fue la **selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ), en estado secundario** por lo que se establecieron **12 sitios de muestreo dentro de la RE.** En el caso del **Área del Proyecto (AP),** se establecieron **4 sitios de muestreo.**

**Tabla III.46. Coordenadas de ubicación de los transectos realizados en la RE para el registro de fauna silvestre, en proyección UTM WGS84 Zona 16N. Elaboración propia.**

| Sitio | USV | Inicial | | Final | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Este X | Norte Y | Este X | Norte Y |
| RE1 | VSA/SMQ | 453594.3740 | 2232297.8080 | 453594.3740 | 2232347.8080 |
| RE2 | VSA/SMQ | 453562.1859 | 2232352.7041 | 453562.1859 | 2232402.7041 |
| RE3 | VSA/SMQ | 453562.1817 | 2232416.6391 | 453562.1817 | 2232416.6391 |
| RE4 | VSA/SMQ | 453616.0378 | 2232448.9193 | 453616.0378 | 2232448.9193 |
| RE5 | VSA/SMQ | 453660.6787 | 2232448.2652 | 453660.6787 | 2232448.2652 |
| RE6 | VSA/SMQ | 453690.7936 | 2232448.5917 | 453690.7936 | 2232448.5917 |
| RE7 | VSA/SMQ | 453711.3857 | 2232482.7232 | 453711.3857 | 2232482.7232 |
| RE8 | VSA/SMQ | 453579.8668 | 2232527.5266 | 453579.8668 | 2232527.5266 |
| RE9 | VSA/SMQ | 453622.2327 | 2232526.4190 | 453622.2327 | 2232526.4190 |
| RE10 | VSA/SMQ | 453649.8779 | 2232523.4059 | 453649.8779 | 2232523.4059 |
| RE11 | VSA/SMQ | 453683.7246 | 2232524.6074 | 453683.7246 | 2232524.6074 |
| RE12 | VSA/SMQ | 453742.8826 | 2232528.7620 | 453742.8826 | 2232528.7620 |

**Tabla III.47. Coordenadas de ubicación de los transectos realizados en el AP para el registro de fauna silvestre, en proyección UTM WGS84 Zona 16N. Elaboración propia.**

| Sitio | USV | Inicial | | Final | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Este X | Norte Y | Este X | Norte Y |
| AP1 | VSA/SMQ | 205650.33 | 2304564.58 | 205652.81 | 2304665.3 |
| AP2 | VSA/SMQ | 205557.59 | 2304584.12 | 205557.14 | 2304684.97 |
| AP3 | VSA/SMQ | 205456.29 | 2304599.76 | 205455.97 | 2304704.57 |
| AP4 | VSA/SMQ | 205362.31 | 2304621.85 | 205365.19 | 2304721.78 |

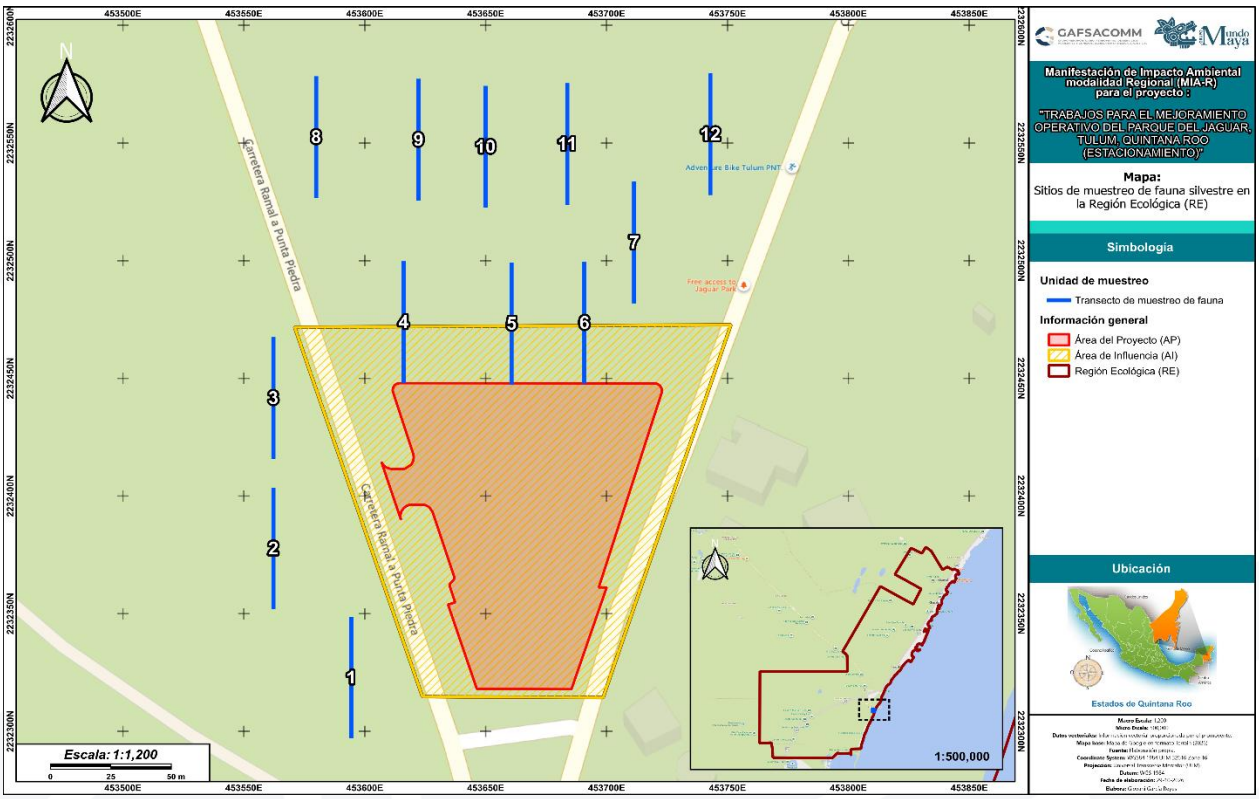



**Figura III. 31. Transectos para la caracterización de la fauna silvestre dentro de la RE. Elaboración propia.**

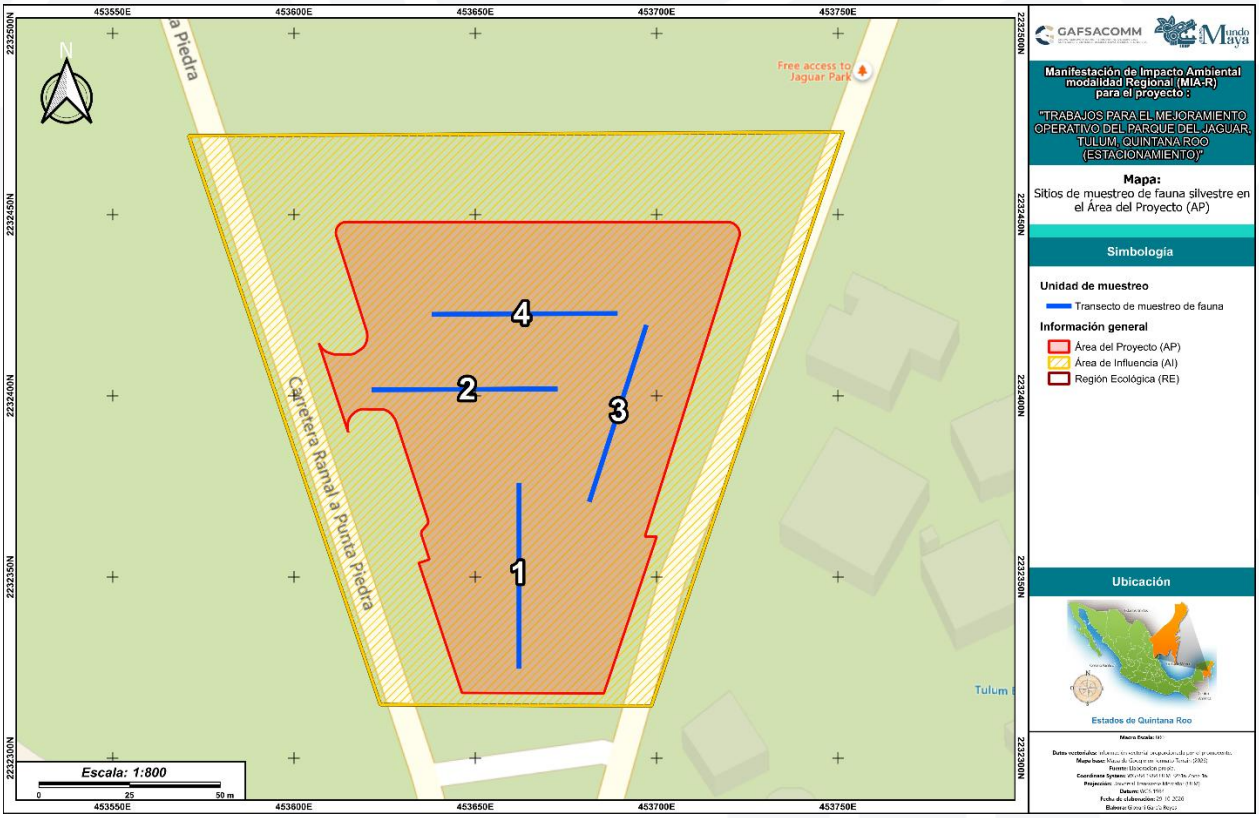



**Figura III. 32. Transectos para la caracterización de la fauna silvestre dentro del AP. Elaboración propia.**



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

- **Anfibios y reptiles (herpetofauna)**

Para llevar a cabo el muestreo herpetológico se tomó en cuenta la información acerca del hábitat, el conocimiento del clima, suelo, vegetación, cuerpos de agua, estructura de la vegetación (los cuales se detalla en apartados anteriores en el presente capítulo), ya que estos proveen las condiciones ambientales necesarias para numerosas funciones ecológicas, de acuerdo con lo siguiente:

- Clima.– Las variaciones diarias del clima afectan la actividad de reptiles y anfibios. La temperatura y radiación son factores determinantes en los ritmos de actividad de los reptiles, mientras que para los anfibios la humedad relativa tiene el papel más importante.

- Suelo.– El tipo y textura del suelo son importantes en la determinación de la densidad y distribución de los anfibios y reptiles en un área. Por ejemplo, en algunas áreas de suelos arcillosos pesados, el agua se acumula sobre la superficie, especialmente durante épocas de lluvias. Debido a que el agua puede estancarse y permanecer ahí por semanas en forma de charcas temporales, algunos anfibios pueden reproducirse en estos sitios. Por otro lado, los suelos arenosos o lugares rocosos pueden favorecer la presencia de otras especies que construyen galerías en el suelo.

- Vegetación.– La estructura de la vegetación tiene mucha relación con la disponibilidad de los recursos, refugio y sitios de reproducción. Por otro lado, su estructura horizontal, tiene una importante influencia sobre la composición de anfibios y reptiles, especialmente en especies que habitan ecosistemas con vegetación poco compleja. Esta relación cambia en la compleja estructura de los bosques tropicales donde algunos anfibios y reptiles llevan a cabo la termorregulación en el dosel de los árboles o bajo la hojarasca.

El registro de las especies presentes en el área de RE se realizó con el método de búsqueda activa en los 25 transectos lineales en RE y 10 en AP (Karns, 1986; Casas et al., 1991; Aguirre y Cázares, 2009; Jiménez *et al.,* 2012). Los anfibios y reptiles fueron buscados en todos los sustratos disponibles (ramas, rocas, troncos, suelo, cavidades) y se revisaron otras estructuras que estuvieron en el campo de visión con la finalidad de observar a los organismos. Cuando fue posible se realizaron capturas manuales.

En cuanto a la determinación taxonómica de las especies registradas, fueron utilizadas bases de datos especializadas en ambos grupos como lo son Reptil Data base y AmphibiaWeb.

**Anfibios**

El registro de las especies presentes en la RE se realizó con el método de búsqueda intensiva en 12 transectos lineales en RE y 4 en AP (Karns, 1986; Casas et al., 1991; Aguirre y Cázares, 2009; Jiménez *et al.,* 2012). Los anfibios y reptiles fueron buscados en todos los sustratos disponibles (ramas, rocas, troncos, suelo, cavidades) y se revisaron otras estructuras que estuvieron en el campo de visión con la finalidad de observar a los organismos. Cuando fue posible se realizaron capturas manuales.

Se realizaron transectos lineales a lo largo de la RE y AP, donde se registraron todos los organismos observados. De acuerdo con las condiciones observadas en campo y a la complejidad que priva en la región en cuanto a la propiedad y posesión de terrenos, la longitud de cada transecto procuró mantenerse de 100 m; sin embargo, en algunas ocasiones los transectos variaron en mayor o menor medida siendo más largos o cortos de acuerdo con la penetrabilidad o accesibilidad de cada uno, los factores diversos que ocasionaron su longitud fueron:

1) La presencia de predios privados, donde el acceso se dificulta;

2) Presencia de cobertura vegetal densa

3) Inundaciones.

La mayoría de las especies de anfibios presentan mayor actividad después del ocaso, por lo que su búsqueda a horas diurnas resulta poco productiva, contrario a los reptiles, que su avistamiento obedece a horas de mayor temperatura ambiental, pues depende de su temperatura corporal (Aguirre-León, 2011). Con el objetivo de cubrir los horarios de actividad de los anfibios y reptiles con diferentes hábitos, y obtener todos los registros posibles,

Los recorridos se realizaron en los horarios crepusculares posterior a la puesta del sol entre las 18:00 y las 22:00 h (Casas-Andreu *et al.,* 1991 y Gallina, *et al.,* 2011), que corresponde a los horarios de mayor actividad para el grupo de anfibios, a través de la vegetación y en cuerpos de agua. De forma simultánea se realizó la búsqueda activa de los organismos en sitios con características específicas del hábitat (microhábitat), aumentando de esta manera las probabilidades de su encuentro, como fue la búsqueda debajo de troncos, piedras, hojarasca, grietas, etc.

Los transectos se realizaron a una velocidad constante y durante los cuales se detectó la presencia de individuos (o grupos) de anfibios. Los recorridos se seleccionaron a través de un procedimiento aleatorio, y se contabilizaron todos los anfibios escuchados y observados dentro de una línea prefijada perpendicular a la línea.

Asimismo, se realizaron bandas auditivas, dentro de los transectos. Esta técnica consiste en contar los machos que “cantan/croar” a lo largo de un transecto de una longitud predeterminada, cuyo ancho varía de acuerdo con la distancia de detección


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D “Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez”. Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

del canto de la especie focal; es decir, la distancia máxima a la cual el animal puede ser escuchado por el observador. Esta técnica es muy útil en ecosistemas complejos como las selvas tropicales donde existe una elevada riqueza, varios estratos verticales y muchos microhábitats potenciales. Este es un método eficiente, muy poco dispendioso, en donde se registran con la misma facilidad las especies arborícolas, las crípticas, las fosoriales y de la hojarasca, y puede ser realizado por un solo investigador

Todos los registros se anotaron en la bitácora, asimismo, las coordenadas geográficas se obtuvieron con ayuda del instrumento geodésico (GPS), se tomó evidencia fotográfica. Para llevar a cabo la correcta identificación de los ejemplares observados se utilizó el Manual de identificación de la Herpetofauna de México (González-Hernández 2021), la Claves ilustradas para su identificación Anfibios y reptiles de México, Claves de Casas Andreu de 1987 y Anfibios de la Región de Calakmul, Campeche Cedeño-Vázquez 2006.

**Reptiles**

La metodología empleada para reptiles sigue lo propuesto por diversos autores (Aguirre- León, 2011; De la Maza *et al.,* 2013; Ibañez, 2014) que, al igual que la de anfibios, determinan su efectividad en términos de esfuerzos y costos, además de ser adecuados para la herpetofauna en selvas.

Para ello, se realizaron transectos lineales en los diferentes tipos de vegetación, en donde se registraron todos los organismos observados. La longitud de cada transecto procuró mantenerse de 100 m por 10 m de ancho; en algunas ocasiones los transectos son más largos o cortos, esta variación se debe a diversos factores.

El avistamiento de reptiles obedece a horas de mayor temperatura ambiental, pues depende de su temperatura corporal (Aguirre-León, 2011) por lo cual las primeras horas del día son más recomendables para llevar a cabo el muestreo, los recorridos se realizaron de forma silenciosa en horarios matutino, vespertino y nocturno (de 7:00 a 11:00 h y de 17:00 a 22:00 h) aunque es claro que la mayor actividad de los reptiles se da en las horas más calientes del día. De forma simultánea se realizó la búsqueda activa de los organismos en sitios con características específicas del hábitat (microhábitat), aumentando de esta manera las probabilidades de su encuentro, se realizó la búsqueda debajo de troncos, piedras, hojarasca, grietas, etc.

Para la captura de reptiles se utilizaron guantes, ganchos, pinzas herpetológicas y lazadas de cuerda delgada sujeta al extremo de una vara o de una caña de pescar, debido a que es una técnica muy efectiva para atrapar por el cuello a lagartijas de diversos tamaños y de comportamiento huidizo. Además, se utilizaron bolsas de tela para almacenar temporalmente algunos ejemplares que necesitaban ser determinados taxonómicamente con la ayuda de guías de campo y claves

taxonómicas (Lee, 2000), estos organismos capturados después de su identificación fueron liberaron en el mismo sitio de captura.

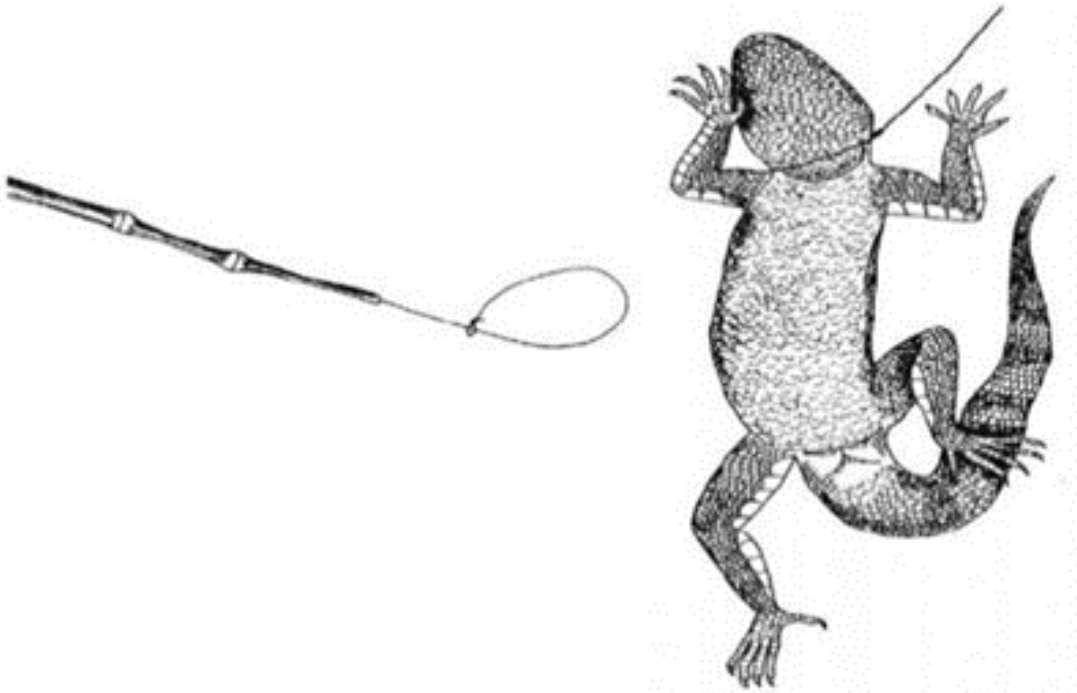


**Figura III.33. Ejemplo del uso de lazadas para atrapar lagartijas. Elaboración propia.**




**Figura III.34. Algunas herramientas utilizadas para realizar la búsqueda activa. Elaboración propia.**

Para llevar a cabo la correcta identificación de los ejemplares observados se utilizó el Manual de identificación de la Herpetofauna de México (González-Hernández, 2021), y las claves ilustradas para la identificación de anfibios y reptiles de México, de Casas Andreu, de 1987.

Para la RE, esfuerzo de muestreo para este grupo taxonómico durante el trabajo en campo se consideró en términos de horas/hombre, para calcular el esfuerzo se multiplicó el número de horas empleadas en la búsqueda de herpetofauna, por el número de personas involucradas y por número de recorridos totales. De esta manera se obtiene un esfuerzo de muestreo dentro de la RE, para cada temporada (lluvia y secas) de 216 horas /hombre, lo que nos arroja un esfuerzo total de 432 horas/hombre para ambas temporadas.

**Tabla III.48. Esfuerzo de muestreo realizado durante los trabajos de campo (horas/hombre) por temporadas para anfibios y reptiles dentro de la RE. Elaboración propia.**

| Temporada | Método | Personas | Horas | Transectos | Recorridos | Esfuerzo de muestreo (horas/hombre) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Seca | Transectos | 2 | 9 | 12 | 1 | 216 |
| Húmeda | Transectos | 2 | 9 | 12 | 1 | 216 |
| **Total** | | | | | | **432** |

Para el AP, esfuerzo de muestreo para este grupo taxonómico durante el trabajo en campo se consideró en términos de horas/hombre, para calcular el esfuerzo se multiplicó el número de horas empleadas en la búsqueda de herpetofauna por el número de personas involucradas y por número de recorridos totales. De esta manera se obtiene un esfuerzo de muestreo, para cada temporada (lluvia y secas) de 72 horas /hombre, lo que nos arroja un esfuerzo total de 144 horas/hombre para ambas temporadas, como se aprecia en la siguiente tabla.

**Tabla III.49. Esfuerzo de muestreo por temporadas (horas/hombre) para anfibios y reptiles. Elaboración propia.**

| Temporada | Método | Personas | Horas | Transectos | Recorridos | Esfuerzo de muestreo (horas/hombre) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Seca | Transectos | 2 | 9 | 4 | 1 | 72 |
| Húmeda | Transectos | 2 | 9 | 4 | 1 | 72 |
| **Total** | | | | | | **144** |

**Aves**

El método de muestreo por transectos lineales, comúnmente utilizado para comparar la diversidad de las aves en distintos hábitats, de acuerdo con Taylor (2003) tiene la ventaja de simplificar la selección al azar de los puntos en el espacio, estar bien documentado y facilitar el análisis de los datos, no requiere de capacitaciones largas o costosas y es barato en términos de costos del equipo, ya que requiere únicamente de los ojos y oídos del observador, además de un par de binoculares para la identificación de las especies, un cuaderno y un GPS para anotar la ubicación exacta de la posición del transecto.

Para describir la distribución, abundancia y riqueza de las especies de aves se utilizó el muestreo por 12 transectos lineales de faja y 4 de AP (Wunderle, 1994) de 100 metros con un ancho de banda (faja) de 4 m (5 m por lado). Se trazaron transectos distribuidos en toda la RE, procurando incluir una variedad de hábitats (Wunderle, 1994).

Los recorridos en los transectos iniciaron en las horas de mayor actividad de las aves (07:00 a 10:00 h y 17:00 a las 19:00 h), en donde se utilizó principalmente el método de observación directa (visual) e indirecta (auditiva).

De acuerdo con la metodología, una vez en el sitio definido se seleccionó al azar la dirección de partida (Taylor, 2003) y el observador caminó a velocidad constante y en línea recta el llamado transecto, donde se registraron todos los organismos observados o escuchados dentro de la faja con el fin de asegurar la identificación y el registro de todos los individuos presentes en su interior, tal como lo sugiere Wunderle (1994).

Durante los muestreos se registraron datos de los individuos observados o capturados, como la especie y el número de individuos, además de datos del sitio como la hora de inicio y final, coordenadas de ubicación del transecto (inicio y final), tipo y características de la vegetación, número de individuos observados o escuchados, entre otros. Igualmente, se realizó el registro de nidos (método indirecto) dentro del ancho de banda, así como el registro directo de los individuos que estuvieran fuera del ancho de banda para verificar la presencia de las especies e incluirlas en los listados taxonómicos.

La identificación de las especies observadas y capturadas se realizó con ayuda de las guías de campo para especies residentes (Howell y Webb, 1995) y para especies migratorias (Nacional Geographic society, 1987 y Sibley, 2014). La nomenclatura empleada fue la establecida por CONABIO (2022b). La vigencia de los nombres científicos de los organismos identificados se comprobó con el listado de la American Ornithological Society (2019).

**Mamíferos**

Debido a la diversidad de hábitos de la mastofauna, se emplearon diferentes métodos para su estudio, los cuales fueron: transectos lineales y trampas Tomahawk. La implementación de los transectos permite conocer la riqueza específica, densidad y abundancia relativa de un determinado grupo faunístico, en un sitio particular (Aranda, 2000). Mediante el establecimiento de recorridos en líneas predeterminadas, se establecen conteos de especies mediante la observación directa o la búsqueda de rastros (Amador, 2010; Rudran et al., 1996; Gallina y López-González, 2011).

Los transectos se efectuaron en modalidad diurna con una longitud de 100 m aproximadamente por 10 m de ancho. En total, se establecieron 12 transectos para ambas temporadas (lluvia y secas) en la RE, y 4 en el AP, los cuales se realizaron en horarios matutinos, vespertinos y nocturnos de 7:00 h-11:00 h y de 17:00 a 22:00 h. Para el registro de mamíferos medianos y grandes en los transectos, se buscaron zonas con senderos naturales con posibilidad de observar rastros (huellas, excretas, restos, pelos, etc.) así como la observación directa de los organismos que pudieran estar descansando o desarrollando alguna otra actividad dentro del sitio (Lira-Torres y Briones-Salas, 2012). De manera complementaria se utilizaron 5 trampas tipo Tomahawk para la RE y 5 para el AP, con la finalidad de registrar mamíferos de talla mediana (González-Romero, 2011; Álvarez-Castañeda et al., 2015), en los sitios de caracterización de fauna y se dejaron durante una semana para corroborar la presencia de especies, sobre todo de mamíferos. Las trampas se activaron al atardecer entre 6:00 a 7:00 pm y se revisaban al día siguiente entre 7:00 a 8:00 am, para evitar algún daño hacia los animales, esto cada día de la semana en que se mantuvieron en sitio. En la siguiente tabla se muestran las coordenadas de ubicación de las trampas Tomahawk.

**Tabla III.50. Sitios de colocación de trampas Tomahawk en la RE. Formato UTM WGS84 Zona 16N. Elaboración propia.**

| Trampa Tomahawk | Este X | Norte Y |
|---|---|---|
| TT-1 | 201748 | 2305628 |
| TT-2 | 201047 | 2305173 |
| TT-3 | 202154 | 2304141 |
| TT-4 | 210418 | 2303905 |
| TT-5 | 207866 | 2301732 |

**Tabla III.51. Cuadro de coordenadas de las Trampas Tomahawk dentro del AP. Proyección UTM Z16, DATUM WGS84. Elaboración propia.**

| Trampa Tomahawk | Este X | Norte Y |
|---|---|---|
| TT-1 | 204755 | 2304789 |
| TT-2 | 204911 | 2304681 |
| TT-3 | 205205 | 2304647 |
| TT-4 | 205490 | 2304602 |
| TT-5 | 205614 | 2304661 |

Asimismo, dentro del *ANX.4. Soporte de biodiversidad> b) Fauna> b.3) Vectores* se presentan en formato SHAPEFILE y Excel las coordenadas de los diferentes métodos de muestreo realizados en la RE y AP para los diferentes grupos faunísticos.

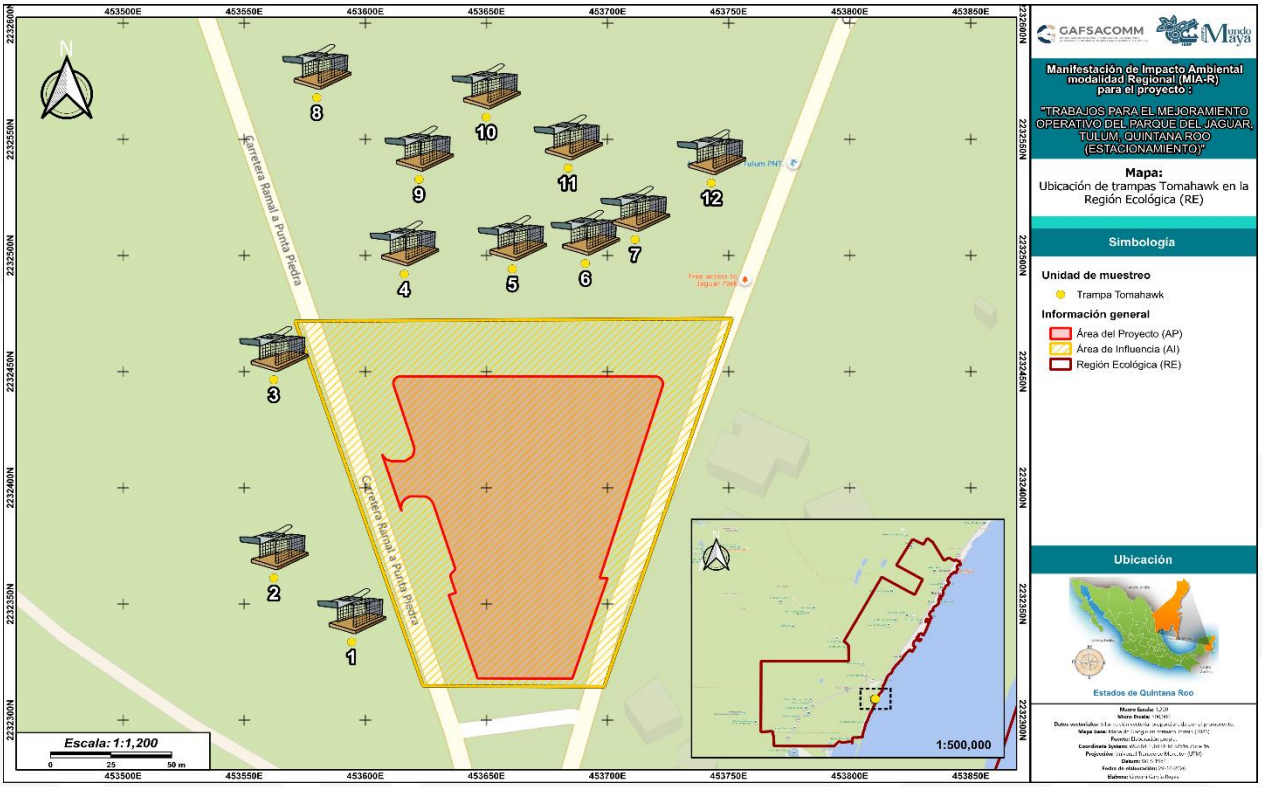



**Figura III. 35. Trampa Tomahawk para el registro de mamíferos medianos dentro de la RE. Elaboración propia.**

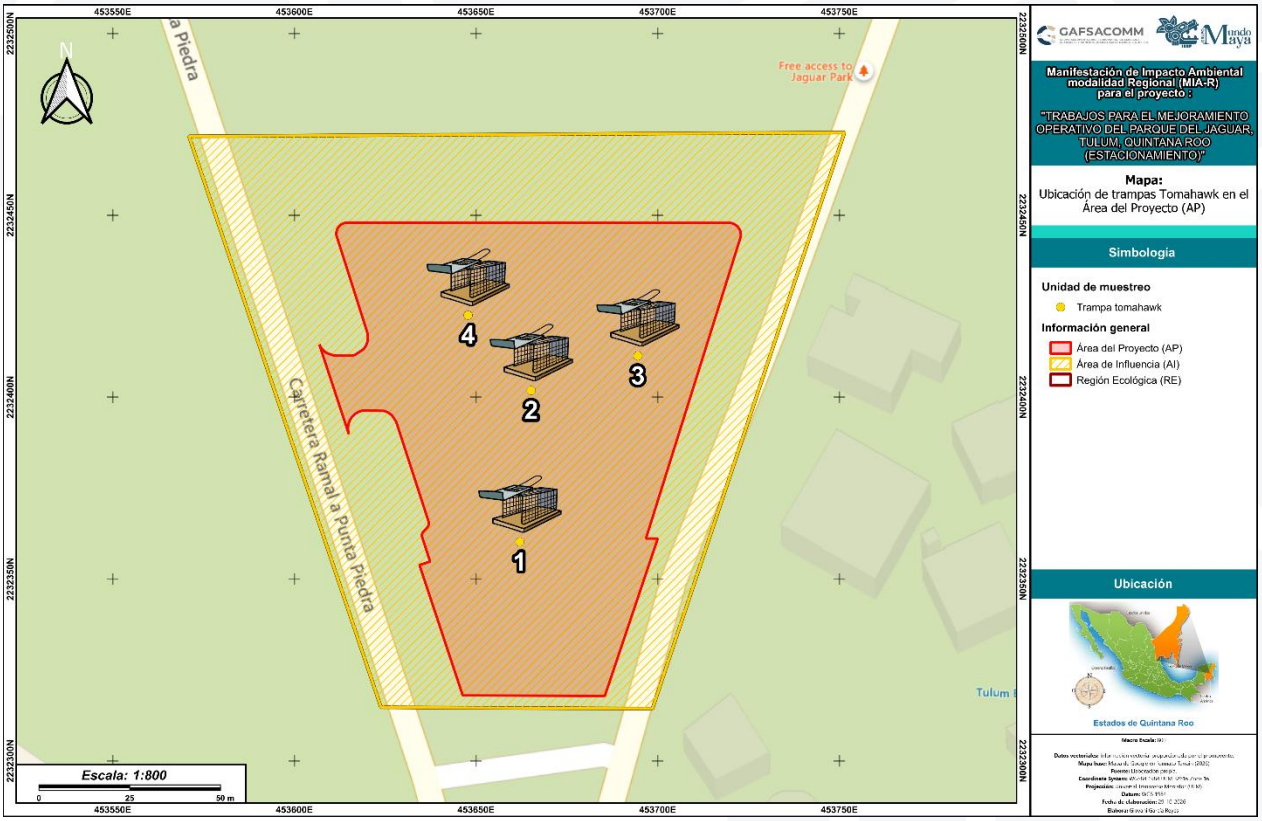



**Figura III. 36. Trampa Tomahawk para el registro de mamíferos medianos dentro del AP. Elaboración propia.**

***c) Análisis para la confiabilidad estadística***

**c.1) Curva de Acumulación de Especies (CAE)**

A continuación, se presentan los modelos utilizados, bajo el supuesto de que cuando no se asume una distribución estadística conocida o no se ajustan a ningún modelo determinado. Se emplean generalmente cuando no tenemos datos del número de especies, ya que no hay manera de conocer cómo se comporta la distribución de individuos por especie (Villareal, H. M. et al., (2004).

- Chao 1 (Chao 1 Mean en el programa EstimateS)

Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons).

- Chao 2 (Chao 2 Mean en el programa EstimateS).

Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas (que sólo aparecen en una muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen compartidas en dos muestras).

- Bootstrap (Bootstrap Mean en el programa EstimateS)

Estima la riqueza de especies a partir de la proporción de muestras que contienen a cada especie.

## Resultados de la Región Ecológica (RE)

### Anfibios

Únicamente se registró una especie con un individuo para este grupo faunístico.

### Reptiles

Para el caso de los reptiles, de acuerdo con los índices no paramétricos y la gráfica de acumulación obtenida con los datos, se alcanza la asíntota, lo cual demuestra que realizó un muestreo adecuado y suficiente para este grupo de fauna.

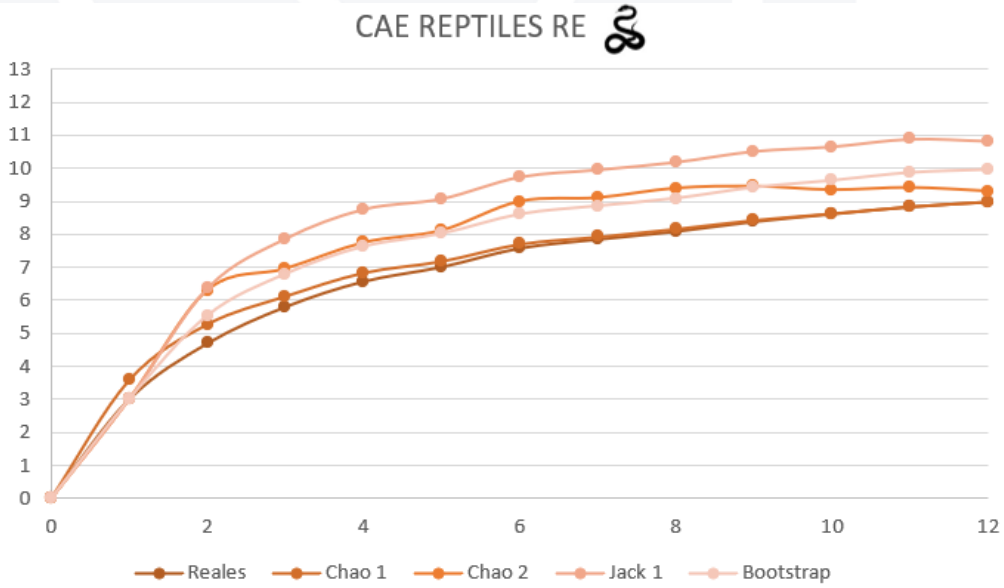



**Figura III.37. Curva de acumulación para los reptiles registrados. Elaboración propia.**

Lo anterior se demuestra con el análisis de representatividad, donde se tuvo un nivel de confianza promedio de la muestra de 92.53%, donde los estimadores chao1 y chao 2 fueron los más representativos con 100 y 96.67% respectivamente, seguida de Bootstrap con 90.36% y Jack 1 con 83.10%, debido a que todos los estimadores indicaron valores por arriba del 85% se determina que los muestreos fueron suficientes como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla III.52. Estimadores de riqueza y representatividad para los reptiles durante los muestreos. Elaboración propia.**

| Estimadores | 9<br>Riqueza estimada | Representatividad % |
|---|---|---|
| Chao 1 | 9 | 100.00 |
| Chao 2 | 9.31 | 96.67 |
| Jack 1 | 10.83 | 83.10 |
| Bootstrap | 9.96 | 90.36 |
| **Promedio** | | **92.53** |

**Aves**

En el caso de las aves, la gráfica de acumulación de especies obtenida para el muestreo, de acuerdo con los índices no paramétricos, muestra que se alcanza la asíntota, lo cual demuestra que realizó un muestreo adecuado y suficiente para este grupo de fauna.

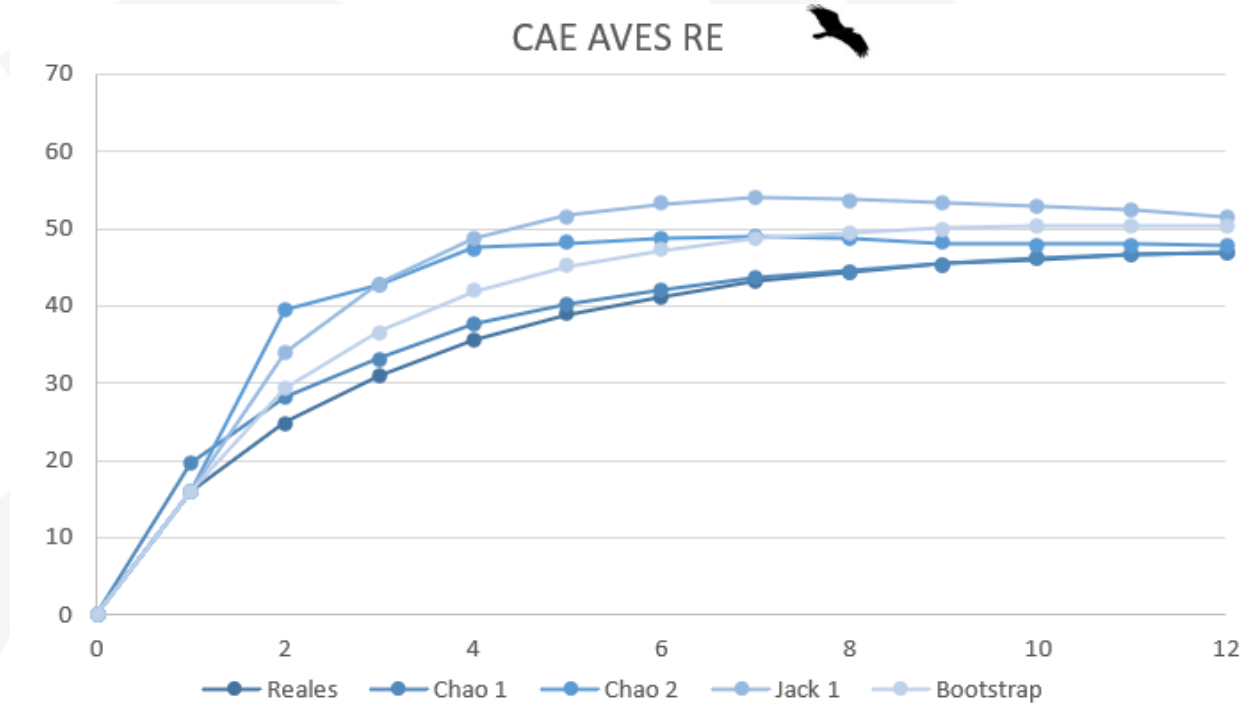



**Figura III.38. Curva de acumulación para las aves registradas. Elaboración propia.**

Lo anterior se demuestra con el análisis de representatividad, donde se tuvo un nivel de confianza promedio de la muestra de 95.73%, en donde el estimador Chao 1 obtuvo la mayor representatividad con el 100.00%, siguiendo el estimador Chao 2 con el 98.26%, Bootstrap con el 93.53% y Jack 1 con el 91.12%, debido a que todos los estimadores indicaron valores por arriba del 85% se determina que los muestreos fueron suficientes como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla III.53. Estimadores de riqueza y representatividad para las aves durante los muestreos. Elaboración propia.**

| Estimadores | 47 | Representatividad % |
|---|---|---|
| | Riqueza Estimada | |
| Chao 1 | 47 | 100.00 |
| Chao 2 | 47.83 | 98.26 |
| Jack 1 | 51.58 | 91.12 |
| Bootstrap | 50.25 | 93.53 |
| **Promedio** | | **95.73** |

**Mamíferos**

En el caso de los mamíferos, la gráfica de acumulación de especies obtenida para los muestreos, de acuerdo con los índices no paramétricos, indica que se alcanza la asíntota, con lo cual se demuestra que se realizó un muestreo adecuado en la RE.

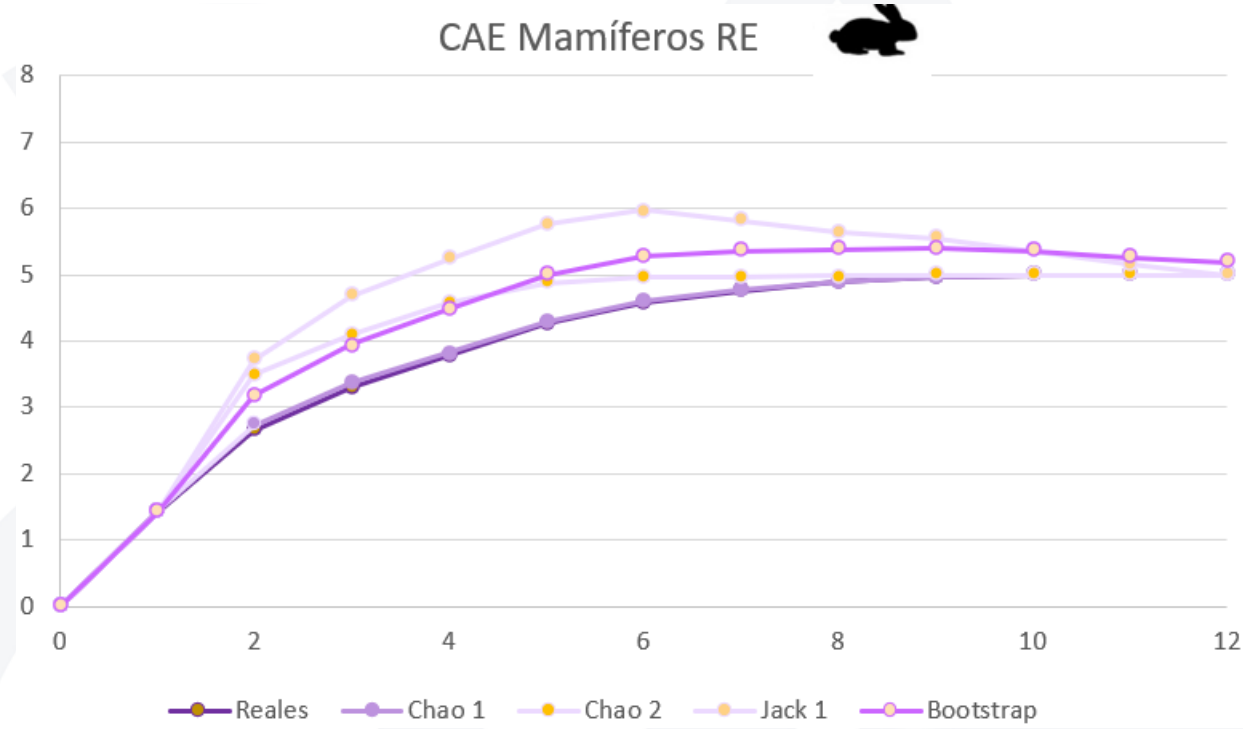



**Figura III.39. Curva de acumulación para los mamíferos registrados. Elaboración propia.**

Lo anterior se demuestra con el análisis de representatividad, donde se tuvo un nivel de confianza promedio de la muestra de 99.13%, en donde los estimadores Chao 1, Chao 2 y Jack 1 obtuvieron la mayor representatividad con el 100.00%, siguiendo el estimador Bootstrap con el 96.53%, debido a que todos los estimadores indicaron valores por arriba del 85% se determina que los muestreos fueron suficientes como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla III.54. Estimadores de riqueza y representatividad para los mamíferos durante los muestreos. Elaboración propia.**

| Estimadores | 5 | Representatividad % |
|---|---|---|
| | Riqueza estimada | |
| Chao 1 | 5 | 100.00 |
| Chao 2 | 5 | 100.00 |
| Jack 1 | 5 | 100.00 |
| Bootstrap | 5.18 | 96.53 |
| **Promedio** | | **99.823** |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

## Resultados del Área del Proyecto (AP)

### Anfibios

Para los anfibios únicamente se registró una especie con un individuo.

### Reptiles

La curva de acumulación para el grupo de los reptiles indica que el muestreo realizado fue bastante exhaustivo, ya que todas las curvas muestran una tendencia hacia la estabilización, alcanzando una asíntota que sugiere que se han registrado la mayoría de las especies presentes en el área estudiada.

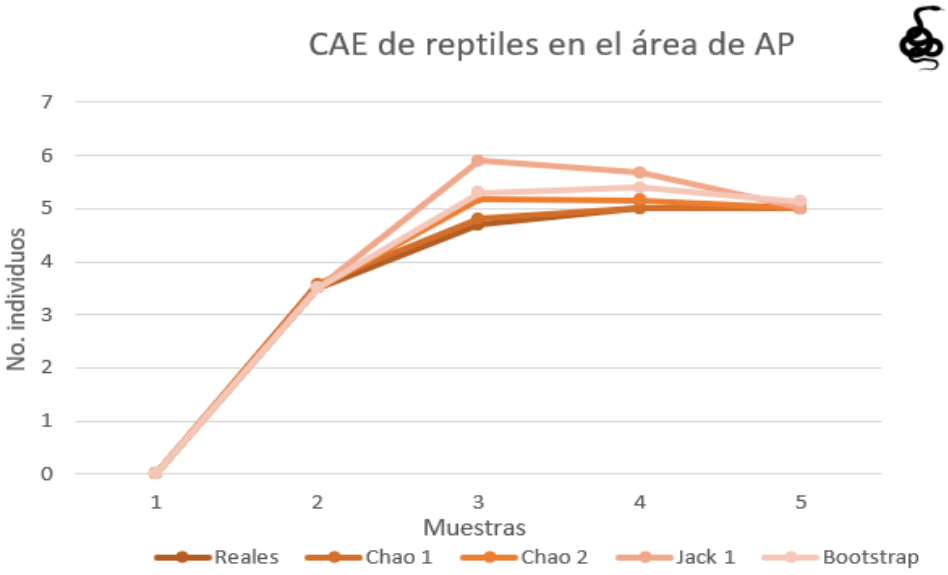



**Figura III.40. Curva de acumulación para reptiles durante las etapas de muestreo. Elaboración propia.**

Lo anterior se demuestra con el análisis de representatividad, donde los estimadores Chao 1, Chao 2 y Jack 1 obtuvieron la mayor representatividad con el 100.00%, siguiendo el estimador Bootstrap con el 97.47%, como se muestra en la siguiente tabla, debido a que todos los estimadores indicaron valores por arriba del 85% se determina que los muestreos fueron suficientes como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla III.55. Estimadores de riqueza y representatividad para los reptiles durante las etapas de muestreo. Elaboración propia.**

| Estimadores | 5<br>Riqueza estimada | Representatividad % |
|---|---|---|
| Chao 1 | 5 | 100.00 |
| Chao 2 | 5 | 100.00 |
| Jack 1 | 5 | 100.00 |
| Bootstrap | 5.13 | 97.47 |
| **Promedio** | | **99.36** |

**Aves**

La curva de acumulación para el grupo de los reptiles indica que el muestreo realizado fue bastante exhaustivo, ya que todas las curvas muestran una tendencia hacia la estabilización, alcanzando una asíntota que sugiere que se han registrado la mayoría de las especies presentes en el área estudiada.

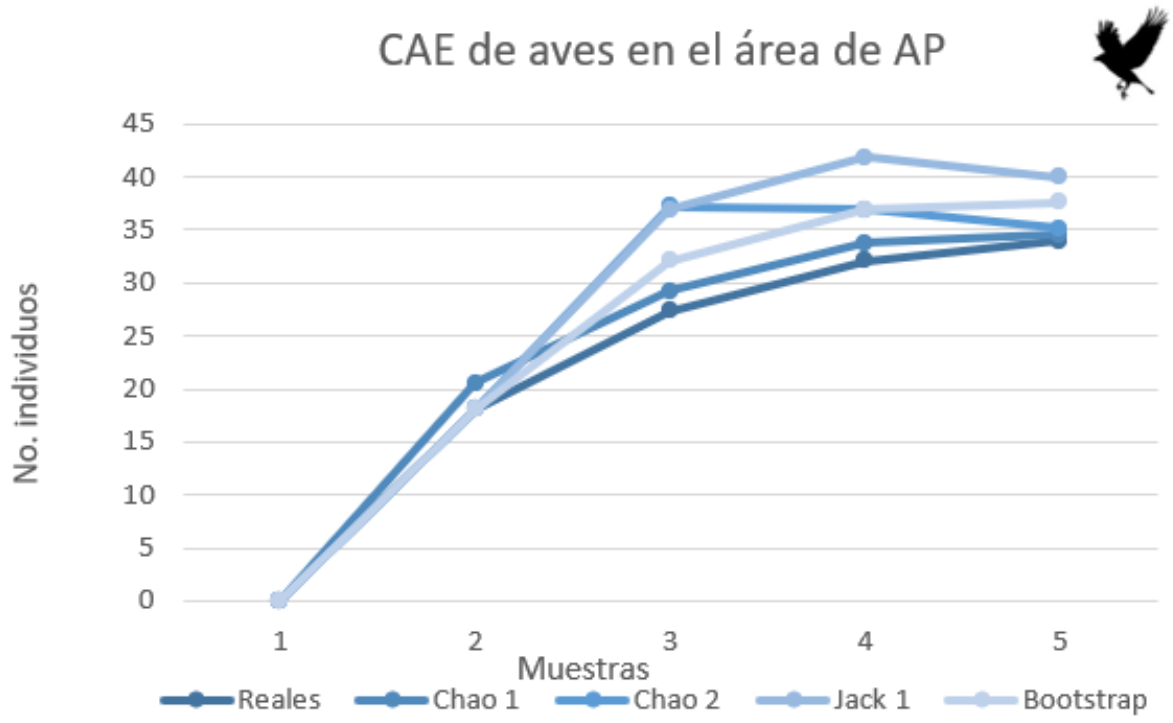



**Figura III.41. Curva de acumulación para las aves durante las etapas de muestreo. Elaboración propia.**

Lo anterior se demuestra con el análisis de representatividad, en donde el estimador Chao 1 obtuvo la mayor representatividad con el 98.55%, siguiendo el estimador Chao 2 con el 96.67%, Bootstrap con el 90.38% y Jack 1 con el 85.00%, como se muestra en la siguiente tabla, debido a que todos los estimadores indicaron valores por arriba del 85% se determina que los muestreos fueron suficientes como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla III.56. Estimadores de riqueza y representatividad para el grupo de las aves durante las etapas de muestreo. Elaboración propia.**

| Estimadores | 34<br>Riqueza estimada | Representatividad % |
|---|---|---|
| Chao 1 | 34.5 | 98.55 |
| Chao 2 | 35.17 | 96.67 |
| Jack 1 | 40 | 85.00 |
| Bootstrap | 37.62 | 90.38 |
| **Promedio** | | **92.650** |

**Mamíferos**

Para el caso de los mamíferos, de acuerdo con los índices no paramétricos y la gráfica de acumulación obtenida con los datos de muestreo de las especies, todas las curvas comienzan a mostrar una tendencia clara a estabilizarse, lo que indica que el muestreo ha sido suficiente y que se ha alcanzado una asíntota. Es decir, el descubrimiento de nuevas especies se ha vuelto menor, sugiriendo que la mayoría de las especies presentes en el área han sido registradas.

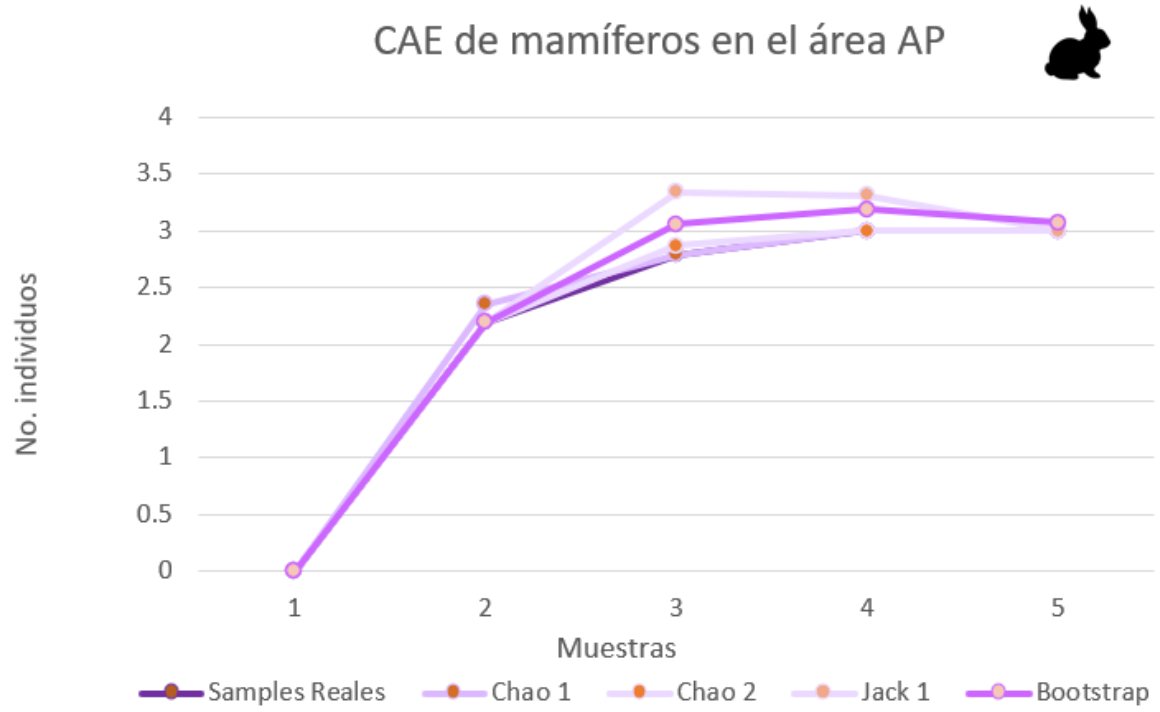



**Figura III.42. Curva de acumulación para mamíferos durante las etapas de muestreo. Elaboración propia.**

Lo anterior también se demuestra con el análisis de representatividad, que de acuerdo con los estimadores Chao 1, Chao 2 y Jack 1 obtuvieron la mayor representatividad con el 100.00%, siguiendo el estimador Bootstrap con el 97.72%, los cuatro indicadores tuvieron una representatividad por encima del 85%, el cual es el valor teórico de eficiencia (Villarreal, 2004), como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla III.57. Estimadores de riqueza y representatividad para el grupo de mamíferos durante las etapas de muestreo. Elaboración propia.**

| Estimadores | 3<br>Riqueza estimada | Representatividad % |
|---|---|---|
| Chao 1 | 3 | 100.00 |
| Chao 2 | 3 | 100.00 |
| Jack 1 | 3 | 100.00 |
| Bootstrap | 3.07 | 97.72 |
| **Promedio** | | **91.617** |

***d) Análisis de la información para la caracterización de la fauna***

**d.1) Descripción de la fauna potencial**

Descripción generada a través de los registros históricos del Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (CONABIO) del periodo comprendido entre 1900 y 2023 (123 años de registros históricos), con la finalidad de obtener un listado de la fauna presente dentro de la RE y AP. Asimismo, se realizó un conteo de puntos de registros de especies de a través de polígonos hexagonales de dimensiones fijas, con un alto y un ancho de 1.5 kilómetros.

**d.2) Descripción de la fauna a través de muestreos biológicos**

Para este análisis, se agruparon a las especies por grupo de vertebrado terrestre (anfibios, aves, mamíferos y reptiles) para identificar la riqueza de especies de manera general y desarrollando una descripción puntual. Además, se analizarán los grados de riesgo de las especies contrastando con la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN y Cites, así como su distribución y nivel de endemismo de acuerdo con Enciclovida conforme a los siguiente:

- **Categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019):** sujeta a protección especial (Pr), amenazada (A) y en peligro de extinción (P).

- **Categorías de riesgo de la Lista Roja de la Unión Internación para la Conservación de la Naturaleza (IUCN):** datos insuficientes (DD), preocupación menor (LC), casi amenazado (NT), vulnerable (VU), en peligro (EN), en peligro crítico (CR).

- **Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES):** apéndice I, apéndice II y apéndice III.

**d.3) Descripción de la biodiversidad**

***- Riqueza (S)***

Para la descripción de la riqueza sólo se atiende a la presencia de las especies en sus diferentes grupos faunísticos.

- ***Abundancia***

Aquí se aborda la cantidad de individuos presentes dentro de las zonas analizadas, en diferentes niveles taxonómicos.

- ***Diversidad***

La diversidad de especies en cada sitio de muestreo se calculó por medio del índice de Shannon-Wiener (H') base logaritmo natural y el índice de dominancia de Simpson (ʎ), por considerar que son poco sensibles a la presencia de las especies menos abundantes. Adicionalmente, se evaluó el índice de equitatividad de Pielou (J´) para comparar la diversidad calculada con el índice de H´ y la máxima diversidad que puede albergar el área de estudio (Krebs, 1985; Meave *et al.*, 1992; Catalan-Heverástico *et al*., 2003, Halffter *et al*, 2007).

***Índice de Shannon-Wiener (H')***

Este índice se representa como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0 y 5; **valores inferiores a 2** se consideran **bajos**, entre **2 y 3.5** se **considera media**, y **superiores a 3.5 son altos**, aunque algunos ecosistemas considerados muy ricos pueden alcanzar valores de 5 o más:

$$H' = - \sum pi \ln pi$$

Dónde:

S = número de especies (la riqueza de especies)

Pi = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): ni/N.

***Índice de equitatividad de Pielou (J´)***

Este índice permite compara la diversidad esperada con la calculada y determinar un valor que indica la relación que existe entre la intensidad del muestreo y lo que el indicador puntualiza. Valores entre 0 y 0.3 indican una baja equitatividad entre la riqueza esperada y observada, mayores a 0.3 y hasta 0.8 se considera media, y superiores a 0.8 se considera como alta.

$$J' = H'/H'max$$

Dónde:

H´= índice de diversidad de Shannon-Wiener.

H´max = diversidad máxima esperada.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

***e) Resultados***

***e.1) Fauna silvestre potencial***

Mediante la recopilación de registros de especies extraídos desde el Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO, se obtuvieron un total de **68,206 registros** para la Región Ecológica (RE), pertenecientes a un total de **577 especies potenciales de fauna**.

Los datos obtenidos fueron procesados en el sistema de información geográfica denominado como QGIS 3.40.4, donde se realizó un corte de los registros delimitándolos a la Región Ecológica (RE) para posteriormente realizar un conteo de puntos dentro de los polígonos hexagonales de dimensiones fijas creados a partir de una cuadricula, cada uno de ellos un alto y un ancho de 2 kilómetros para reflejar tanto la riqueza como la abundancia (según el caso), contenida en cada uno de los polígonos delimitados, así como la distribución de esta misma.

Para ello, se establecieron rangos de acuerdo con el número máximo y mínimo de especies (en el caso de riqueza) o individuos (en el caso de abundancia) acumulados en la cuadrícula de polígonos hexagonales distribuidos en la Región Ecológica (RE), de tal modo que se creó un gradiente de acuerdo con el número de especies contenidas en cada uno de estos polígonos.

Como parte de la caracterización del componente fauna, estos resultados se consideran suficientes puesto que permiten analizar la riqueza dentro de esta Región Ecológica a través del **periodo comprendido entre 1971 y 2025 (54 años de registros históricos)**, lo cual ofrece un análisis más detallado sobre la riqueza que se pudiera registrar a través de muestreos en campo, además de que se trata de registros depurados y con una identificación con valides por la comunidad científica. Es por lo que se concluye que esta información es válida para este componente.

En el área de la Región Ecológica (RE) se recopilaron un total de 68,206 registros, de los cuales nada menos que el 95.46% (65,109 spp.) de ellos pertenecen al grupo de las aves, convirtiéndolo por mucho en el grupo faunístico con mayor abundancia en el área ya que abarca casi la totalidad de dichos registros. En cambio, el resto de los grupos todos juntos representan solamente 4.54% del total de registros, repartidos de modo tal en que los reptiles cuentan con 2,240 de estos registros (equivalente al 3.28%), los mamíferos cuentan con 752 registros (equivalente al 1.10%) y los anfibios con solamente 105 registros, equivalentes a tan solo el 0.15% de los registros totales.

Dentro de la fauna potencial, se registraron un total de 577 especies distribuidas en 343 géneros, 119 familias y en 4 grupos faunísticos, resultando en 6 especies exóticas-invasoras (1.04%), 1 especies exóticas (0.17%) y 570 nativas (98.79%), de las cuales 9 son endémicas (1.56%), 15 cuasiendémicas (2.60%) y 2 semiendémicas (0.35%).


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

Del total de especies de fauna registradas en la Región Ecológica, 410 de ellas (equivalente al 71.06%) pertenecen al grupo de las aves, convirtiéndolo por mucho en el grupo faunístico con mayor diversidad en el área. Por otro lado, los reptiles (Reptilia) son el segundo grupo con mayor riqueza potencial registrada en la RE ya que cuentan con 81 spp. que equivalen al 14.04% de la diversidad total. Así mismo los mamíferos (Mammalia) son el siguiente grupo inmediato en cuanto a riqueza, al registrar a 72 especies (12.48%), denotando la diferencia que existe en la riqueza si se le compara con el grupo de las aves. Por último, el grupo de los anfibios (Amphibia), cuenta solamente con 14 especies registradas, equivalentes al 2.43% de las especies totales. Es observable que tal como en el caso anterior de la abundancia, los grupos siguieron un patrón jerárquico similar en cuanto al orden de mayores y menores registros respecto a cada componente.

Gran parte de las de las especies cuentan con alguna categoría de riesgo de acuerdo con los criterios que establecen organismos como CITES, IUCN y la NOM-059 a nivel nacional. Es con base en esto que se encontró que un total de 95 especies se encuentran categorizadas en los apéndices CITES, de tal modo que 16 especies se encuentran dentro en apéndice III, 72 en el apéndice II y solamente 7 en el apéndice I, correspondiendo a Alouatta villosa, Caretta caretta, Chelonia mydas, Falco peregrinus, Leopardus pardalis, Leopardus pardalis pardalis y Leopardus wiedii.

Dentro de IUCN se registraron un total de 548 especies dentro de alguna de las 4 categorías de riesgo encontradas de acuerdo con este organismo, de modo en que 513 de las spp. se encuentran bajo Preocupación menor (LC), 20 como especies casi amenazadas (NT), 11 son especies vulnerables (V), y a Alouatta villosa, Ateles geoffroyi, Ateles geoffroyi vellerosus y Chelonia mydas como especies en Peligro (EN).

Finalmente, de las 124 especies categorizadas en alguna situación de riesgo de acuerdo con la NOM-059-2010 y su modificación en su anexo normativo III (2019), 73 de ellas (12.65%) se encuentran sujetas a Protección especial (Pr), 33 (5.72%) se encuentran como Amenazadas (A) y 18 especies (3.12%) se categorizan como especies en Peligro de extinción (P).

Para el caso de anfibios se registraron 3 especies de anuros (Anura) y 2 especies de caudados (Caudata) distribuidos en solamente una categoría de riesgo, de manera en que todos estos anfibios se encuentran sujetos a protección especial (Pr).

**Tabla III.58. Anfibios potenciales categorizados como especies Sujetas a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.**

| CATEGORÍA | ESPECIE | ENDEMISMO |
|---|---|---|
| Sujeta a Protección Especial (Pr) (5 especies) | *Bolitoglossa rufescens* | No endémica |
| | *Bolitoglossa yucatana* | Endémica |
| | *Gastrophryne elegans* | No endémica |
| | *Lithobates macroglossa* | No endémica |
| | *Triprion petasatus* | No endémica |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

En el caso de las aves se identificaron de manera potencial a 70 especies bajo NOM-059 y siendo el grupo más diverso dentro de la RE, se distribuyeron ampliamente dentro de 3 categorías de riesgo de acuerdo con este organismo, de modo en que 43 especies se encuentran sujetas a protección especial (Pr), 20 como amenazadas (A) y 7 especies en peligro de extinción (P).

**Tabla III.59. Aves potenciales categorizadas como Sujetas a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.**

| Especie | Endemismo | Especie | Endemismo |
|---|---|---|---|
| *Accipiter striatus* | No endémica | *Leptodon cayanensis* | No endémica |
| *Amazona albifrons* | No endémica | *Limnothlypis swainsonii* | No endémica |
| *Botaurus exilis* | No endémica | *Melanoptila glabrirostris* | Endémica |
| *Busarellus nigricollis* | No endémica | *Micrastur semitorquatus* | No endémica |
| *Buteo albonotatus* | No endémica | *Mycteria americana* | No endémica |
| *Buteogallus anthracinus* | No endémica | *Pachysylvia decurtata* | No endémica |
| *Buteogallus urubitinga* | No endémica | *Passerina ciris* | No endémica |
| *Campephilus guatemalensis* | No endémica | *Patagioenas speciosa* | No endémica |
| *Cathartes burrovianus* | No endémica | *Platyrinchus cancrominus* | No endémica |
| *Celeus castaneus* | No endémica | *Polioptila bilineata* | No endémica |
| *Chondrohierax uncinatus* | No endémica | *Psarocolius montezuma* | No endémica |
| *Crypturellus cinnamomeus* | No endémica | *Pteroglossus torquatus* | No endémica |
| *Dactylortyx thoracicus* | No endémica | *Rostrhamus sociabilis* | No endémica |
| *Dendrocincla anabatina* | No endémica | *Sternula antillarum* | No endémica |
| *Dendrocolaptes sanctithomae* | No endémica | *Tachybaptus dominicus* | No endémica |
| *Elanoides forficatus* | No endémica | *Tigrisoma mexicanum* | No endémica |
| *Eucometis penicillata* | No endémica | *Trogon collaris* | No endémica |
| *Eupsittula nana* | No endémica | *Trogon collaris puella* | No endémica |
| *Falco peregrinus* | No endémica | *Tunchiornis ochraceiceps* | No endémica |
| *Geranoaetus albicaudatus* | No endémica | *Vireo pallens* | No endémica |
| *Harpagus bidentatus* | No endémica | *Xenops mexicanus* | No endémica |
| *Ictinia plumbea* | No endémica | | |

**Tabla III.60. Aves potenciales categorizadas como Amenazadas (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.**

| Especie | Endemismo | Especie | Endemismo |
|---|---|---|---|
| *Amazona autumnalis* | No endémica | *Meleagris ocellata* | Endémica |
| *Anarhynchus nivosus* | No endémica | *Notharchus hyperrhynchus* | No endémica |
| *Aramides axillaris* | No endémica | *Patagioenas leucocephala* | No endémica |
| *Aramus guarauna* | No endémica | *Penelope purpurascens* | No endémica |
| *Astur bicolor* | No endémica | *Phaethon aethereus* | No endémica |
| *Botaurus lentiginosus* | No endémica | *Phoenicopterus ruber* | No endémica |
| *Calidris mauri* | No endémica | *Pionus senilis* | No endémica |
| *Crax rubra* | No endémica | *Rallus crepitans* | No endémica |
| *Galbula ruficauda* | No endémica | *Ramphastos sulfuratus* | No endémica |
| *Geranospiza caerulescens* | No endémica | *Sula sula* | No endémica |

**Tabla III.61. Aves potenciales categorizadas como en Peligro de Extinción (P) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.**

| Especie | Endemismo | Especie | Endemismo |
|---|---|---|---|
| *Cairina moschata* | No endémica | *Spizaetus melanoleucus* | No endémica |
| *Egretta rufescens* | No endémica | *Spizaetus ornatus* | No endémica |
| *Onychorhynchus coronatus* | No endémica | *Spizaetus tyrannus* | No endémica |

En cuanto al grupo de los mamíferos, se registraron a 15 especies en 3 diferentes categorías de riesgo conforme a la NOM-059, de modo en que se registraron 2 especies Sujetas a Protección Especial (Pr), 4 especies Amenazadas (A) y 9 taxones en peligro de extinción (P).

**Tabla III.62. Mamíferos potenciales categorizados como Sujetos a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.**

| Especie | Endemismo |
|---|---|
| *Cryptotis mayensis* | Endémica |
| *Tursiops truncatus* | No endémica |

**Tabla III.63. Mamíferos potenciales categorizados como Amenazados (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.**

| Especie | Endemismo | Especie | Endemismo |
|---|---|---|---|
| *Coendou mexicanus* | No endémica | *Lonchorhina aurita aurita* | No endémica |
| *Lonchorhina aurita* | No endémica | *Micronycteris schmidtorum* | No endémica |

**Tabla III.64. Mamíferos potenciales categorizados En Peligro de Extinción (P) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.**

| Especie | Endemismo | Especie | Endemismo |
|---|---|---|---|
| *Alouatta villosa* | No endémica | *Leopardus pardalis pardalis* | No endémica |
| *Ateles geoffroyi* | No endémica | *Leopardus wiedii* | No endémica |
| *Ateles geoffroyi vellerosus* | No endémica | *Tamandua mexicana mexicana* | Endémica |
| *Eira barbara* | No endémica | *Tayassu pecari ringens* | No endémica |

Finalmente, para los reptiles se encontraron 34 especies en tres categorías de riesgo de acuerdo con la NOM-059, siendo que 23 especies se encuentran sujetas a protección especial (Pr), mientras que las 9 especies restantes están categorizadas como amenazadas (A) y solamente 2 se categorizan como especies en Peligro de Extinción (P). A continuación, se muestran las especies de reptiles incluidas en la NOM-059-2010 y la modificación a su anexo normativo III (2019).

**Tabla III.65. Reptiles potenciales categorizados como Sujetos a Protección Especial (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.**

| Especie | Endemismo | Especie | Endemismo |
|---|---|---|---|
| *Anolis beckeri* | No endémica | *Laemanctus serratus* | No endémica |
| *Corytophanes cristatus* | No endémica | *Leptodeira septentrionalis polysticta* | Endémica |
| *Corytophanes hernandesii* | No endémica | *Micrurus diastema alienus* | No endémica |
| *Crocodylus acutus* | No endémica | *Porthidium yucatanicum* | Endémica |
| *Crocodylus moreletii* | No endémica | *Pseudelaphe phaescens* | Endémica |
| *Crotalus tzabcan* | No endémica | *Sceloporus cozumelae* | Endémica |
| *Dipsas brevifacies* | No endémica | *Sphaerodactylus glaucus* | No endémica |
| *Iguana rhinolopha* | No endémica | *Symphimus mayae* | Endémica |
| *Imantodes cenchoa* | No endémica | *Tantilla cuniculator* | No endémica |
| *Imantodes tenuissimus* | Endémica | *Thecadactylus rapicauda* | No endémica |
| *Kinosternon cruentatum* | No endémica | *Trachemys scripta elegans* | No endémica |
| *Kinosternon leucostomum leucostomum* | No endémica | | |

**Tabla III.66. Reptiles potenciales categorizados como Amenazados (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.**

| Especie | Endemismo | Especie | Endemismo |
|---|---|---|---|
| *Aspidoscelis maslini* | No endémica | *Leptophis mexicanus* | No endémica |
| *Boa imperator* | No endémica | *Pliocercus elapoides* | No endémica |
| *Coleonyx elegans* | No endémica | *Rhinoclemmys areolata* | No endémica |
| *Ctenosaura similis* | No endémica | *Thamnophis proximus rutiloris* | No endémica |
| *Ctenosaura similis similis* | No endémica | | |

**Tabla III.67. Reptiles potenciales categorizados como Amenazados (A) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. Elaboración propia.**

| Especie | Endemismo |
|---|---|
| *Caretta caretta* | No endémica |
| *Chelonia mydas* | No endémica |

- **Murciélagos (quirópteros)**

Conforme a los mamíferos potenciales dentro de la Región Ecológica (RE), se reconocen alrededor de 14 especies y 7 subespecies potenciales, destacando la familia Phyllostomidae con 14 especies/subespecies, Emballonuridae y Vespertilionidae con 3 cada una y Natalidae con 1 especie. Las especies *Micronycteris schmidtorum, Lonchorhina aurita y Lonchorhina aurita aurita* se encuentran en la NOM-059, bajo la categoría de Amenazada (A).

**Tabla III.68. Listado de especies de murciélagos (quirópteros) potenciales dentro de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia.**

| Familia | Nombre científico | Distribución | NOM-059 | CITES | IUCN | Dieta |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Emballonuridae | *Peropteryx macrotis* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Insectivora |
| Emballonuridae | *Peropteryx macrotis macrotis* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Insectivora |
| Emballonuridae | *Saccopteryx bilineata* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Insectivora |
| Natalidae | *Natalus mexicanus* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Insectivora |
| Phyllostomidae | *Artibeus jamaicensis* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Frugívora |
| Phyllostomidae | *Artibeus jamaicensis yucatanicus* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Frugívora |
| Phyllostomidae | *Artibeus lituratus* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Frugívora |
| Phyllostomidae | *Artibeus lituratus palmarum* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Frugívora |
| Phyllostomidae | *Carollia sowelli* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Frugívora |
| Phyllostomidae | *Centurio senex* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Frugívora |
| Phyllostomidae | *Centurio senex senex* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Frugívora |
| Phyllostomidae | *Dermanura phaeotis phaeotis* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Frugívora |
| Phyllostomidae | *Glossophaga leachii* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Nectarívora/frugívora |
| Phyllostomidae | *Glossophaga mutica handleyi* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Nectarívora/frugívora |
| Phyllostomidae | *Lonchorhina aurita* | Nativa | Amenazada (A) | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Insectivora |
| Phyllostomidae | *Lonchorhina aurita aurita* | Nativa | Amenazada (A) | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Insectivora |
| Phyllostomidae | *Micronycteris schmidtorum* | Nativa | Amenazada (A) | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Insectivora |
| Phyllostomidae | *Sturnira parvidens* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Frugívora |
| Vespertilionidae | *Myotis pilosatibialis* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Insectivora |
| Vespertilionidae | *Rhogeessa aenea* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Insectivora |
| Vespertilionidae | *Rhogeessa tumida* | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Insectivora |

- **Primates**

Conforme a los mamíferos potenciales dentro de la Región Ecológica (RE), se reconocen se reconocen *Alouatta villosa, Ateles geoffroyi* y una subespecie (*Ateles geoffroyi vellerosus*), todos pertenecientes a la familia Atelidae, y en alguna categoría según CITES, IUCN y la NOM-059.

**Tabla III.69. Listado de especies de primates potenciales dentro de la Región Ecológica (RE). Elaboración propia.**

| Familia | Nombre científico | Distribución | NOM-059 | CITES | IUCN | Dieta |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Atelidae | *Alouatta villosa* | Nativa | En peligro de extinción (P) | Apéndice I | En peligro (EN) | Frugívora/herbívora |
| Atelidae | *Ateles geoffroyi* | Nativa | En peligro de extinción (P) | Apéndice II | En peligro (EN) | Frugívora/herbívora |
| Atelidae | *Ateles geoffroyi vellerosus* | Nativa | En peligro de extinción (P) | Apéndice II | En peligro (EN) | Frugívora/herbívora |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

### *e.2) Comparación de riquezas y abundancias por grupo faunístico*

A continuación, se presentan los resultados del análisis de los muestreos biológicos en campo.

Derivado de los muestreos y métodos empleados en campo, se obtuvo que la composición faunística en la RE está integrada por 62 especies con una abundancia de 623 individuos, mientras que para la superficie sujeta a AP se registró un total de 43 especies con una abundancia de 272 individuos, como en la siguiente tabla.

**Tabla III.70. Comparativa de riqueza y abundancia por grupo faunístico. Elaboración propia.**

| Grupo | Riqueza | | Abundancia | |
|---|---|---|---|---|
| | RE | AP | RE | AP |
| Anfibios | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Aves | 47 | 34 | 492 | 211 |
| Reptiles | 9 | 5 | 84 | 45 |
| Mamíferos | 5 | 3 | 46 | 15 |
| **Total** | **62** | **43** | **623** | **272** |

A partir de la tabla anterior, es posible notar que la composición por grupo faunístico en todos los casos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) la riqueza de especies es mayor en la RE (62 especies) mientras que en el área del AP fue de (43 especies), dicha diferencia es más evidente en el caso de las aves. Haciendo la comparación en términos de abundancia por grupo faunístico, la tendencia es la misma en anfibios, reptiles, aves y mamíferos, presentaron mayor ocurrencia en la RE con respecto al AP.

Cabe mencionar que se realizaron 4 muestreos en la superficie del AP debido a las dimensiones de esta, sin embargo, se realizaron más transectos en la RE para tener una mejor representatividad de las especies en el área.

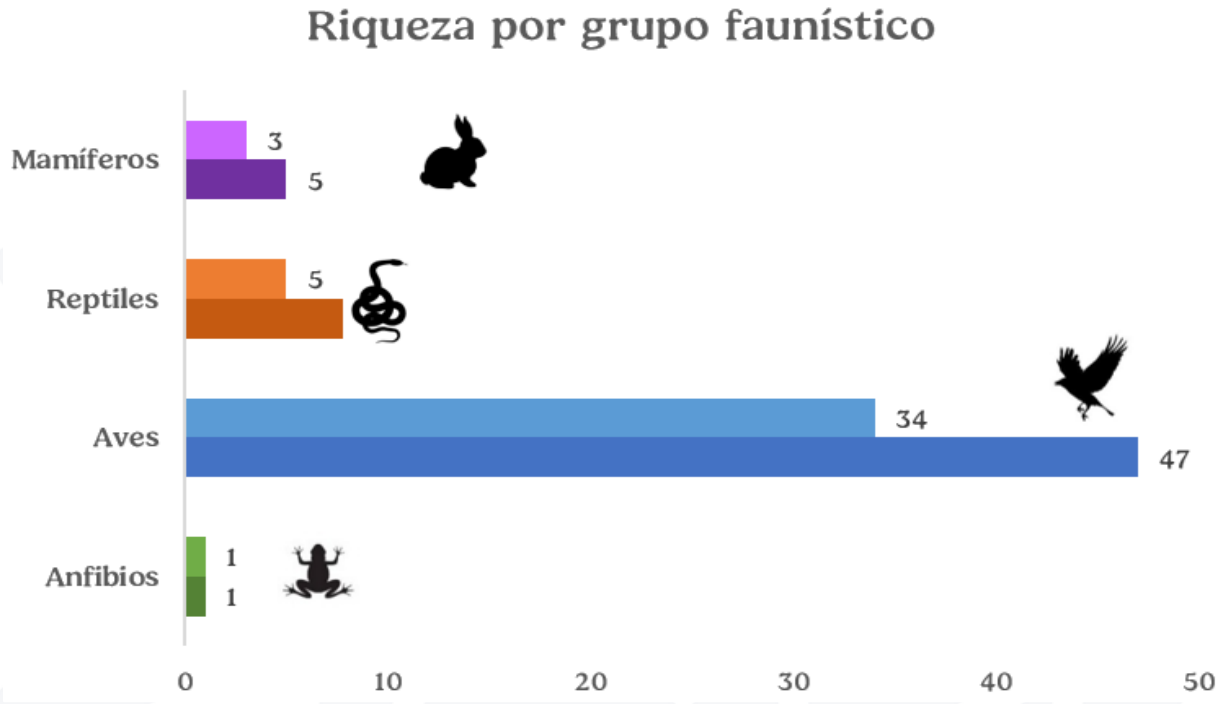



**Figura III.43. Comparación de la riqueza específica por grupo faunístico. Elaboración propia.**

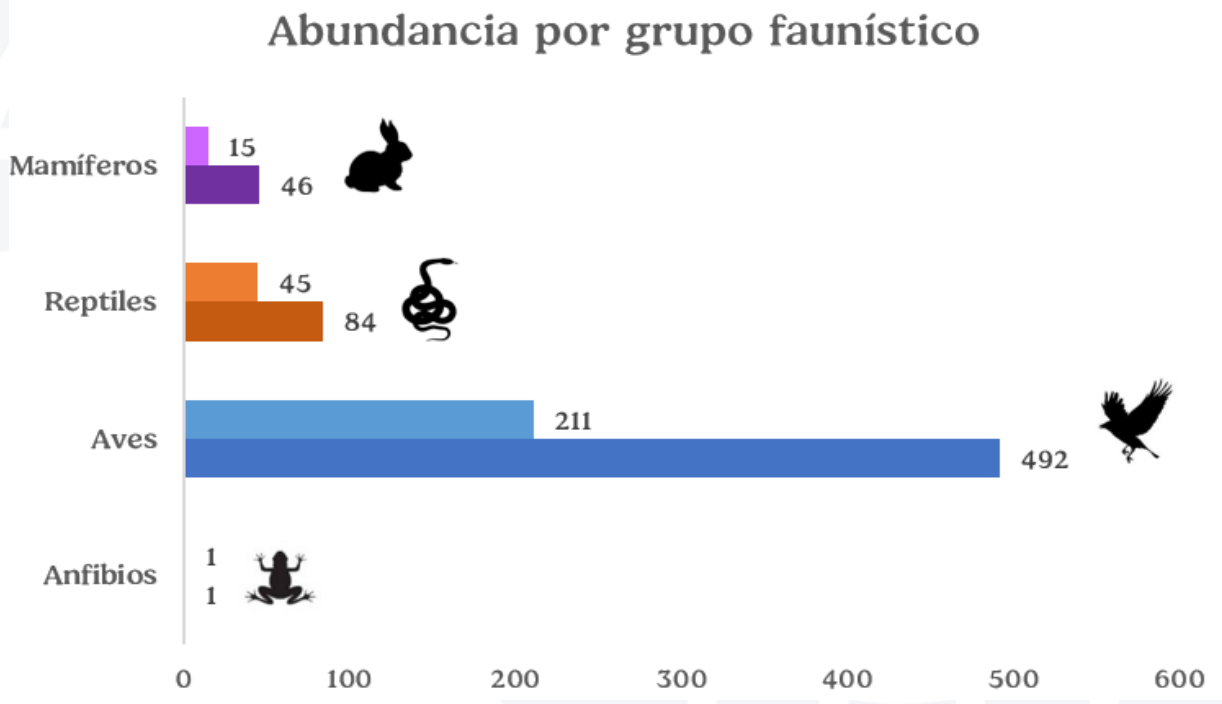



**Figura III.44. Comparación de la abundancia por grupo faunístico. Elaboración propia.**

A continuación, se presenta el listado faunístico de las especies registradas dentro de la RE y el AP.

**Tabla III.71. Listado de especies registradas durante los muestreos en campo dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.**

| Clase | Familia | Nombre científico | Nombre común | Distribución nom-059 | NOM-059 | CITES | IUCN | Estacionalidad | RE | AP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anfibios | Hylidae | Trachycephalus typhonius | Rana arborícola lechosa | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | - | | |
| Aves | Anhingidae | Anhinga anhinga | Anhinga Americana | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Ardeidae | Nyctanassa violacea | Garza nocturna corona clara | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Cardinalidae | Piranga rubra | Piranga Roja | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Migratorio de invierno | | |
| Aves | Cathartidae | Cathartes burrovianus | Zopilote sabanero | Nativa | Sujeta a protección especial (Pr) | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Columbidae | Zenaida asiatica | Palola alas blancas | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Corvidae | Cyanocorax yncas | Chara verde | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Corvidae | Cyanocorax yucatanicus | Chara yucateca | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Cracidae | Ortalis vetula | Chachalaca Oriental | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Cuculidae | Piaya cayana | Cuclillo Canelo Común | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Fringillidae | Euphonia hirundinacea | Eufonia garganta amarilla | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Furnariidae | Dendrocincla anabatina | Trepatroncos sepia | Nativa | Sujeta a protección especial (Pr) | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Icteridae | Icterus chrysater | Calandria Dorso amarillo | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Icteridae | Icterus cucullatus | Calandria Dorso Negro Menor | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Icteridae | Icterus gularis | Calandria Dorso Negro Mayor | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Icteridae | Icterus prosthemelas | Calandria Caperuza Negra | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Icteridae | Quiscalus mexicanus | Zanate mexicano | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Laridae | Thalasseus maximus | Charrán Real | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Migratorio de invierno | | |
| Aves | Mimidae | Melanoptila glabrirostris | Maullador negro | Endémica | Sujeta a protección especial (Pr) | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Mimidae | Mimus gilvus | Centzontle tropical | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Momotidae | Eumomota superciliosa | Momoto cejas azules | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Parulidae | Parkesia noveboracensis | Chipe Charquero | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Migratorio de invierno | | |
| Aves | Parulidae | Setophaga citrina | Chipe encapuchado | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Migratorio de invierno | | |
| Aves | Parulidae | Setophaga coronata | Chipe Rabadilla Amarilla | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Migratorio de invierno | | |
| Aves | Parulidae | Setophaga ruticilla | Pavito Migratorio | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Migratorio de invierno | | |
| Aves | Pelecanidae | Pelecanus occidentalis | Pelícano café | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Picidae | Melanerpes aurifrons | Carpintero cheje | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |

| Clase | Familia | Nombre científico | Nombre común | Distribución nom-059 | NOM-059 | CITES | IUCN | Estacionalidad | RE | AP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aves | Polioptilidae | Polioptila bilineata | Perlita cejiancha | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Psittacidae | Amazona xantholora | Loro yucateco | Endémica | Amenazada (A) | Apéndice II | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Psittacidae | Eupsittula nana | Perico pecho sucio | Nativa | Sujeta a protección especial (Pr) | Apéndice II | Casi Amenazado (NT) | Residente | | |
| Aves | Rallidae | Aramides albiventris | Aramides albiventris | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Tityridae | Pachyramphus aglaiae | Cabezón Degollado | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Trochilidae | Amazilia rutila | Colibrí Vientre Canelo | Nativa | Sin registro | Apéndice II | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Trogonidae | Trogon caligatus | Coa Violácea Norteña | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Trogonidae | Trogon melanocephalus | Coa cabeza negra | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Turdidae | Turdus grayi | Mirlo Café | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Tyrannidae | Camptostoma imberbe | Mosquerito Chillón | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Tyrannidae | Contopus cinereus | Papamosca tropical | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Tyrannidae | Megarynchus pitangua | Luis Pico Grueso | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Tyrannidae | Myiarchus crinitus | Papamoscas viajero | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Migratorio de invierno | | |
| Aves | Tyrannidae | Myiodynastes luteiventris | Papamoscas Rayado Común | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Migratorio de Verano | | |
| Aves | Tyrannidae | Pitangus sulphuratus | Bienteveo Común | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Tyrannidae | Tityra inquisitor | Titira pico negro | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Tyrannidae | Tityra semifasciata | Titira puerquito | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Tyrannidae | Tyrannus couchii | Tirano Cuir | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Tyrannidae | Tyrannus melancholicus | Tirano Cuir | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Residente | | |
| Aves | Tyrannidae | Tyrannus tyrannus | Tirano dorso negro | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Transitorio | | |
| Aves | Vireonidae | Vireo griseus | Vireo Ojos Blancos | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | Migratorio de invierno | | |
| Mamíferos | Canidae | Urocyon cinereoargenteus | Zorra gris | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | - | | |
| Mamíferos | Cuniculidae | Cuniculus paca | Tepezcuintle | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | - | | |
| Mamíferos | Procyonidae | Nasua narica | Coatí | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | - | | |
| Mamíferos | Procyonidae | Procyon lotor | Mapache | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | - | | |
| Mamíferos | Sciuridae | Sciurus yucatanensis | Ardilla yucateca | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | - | | |
| Reptiles | Anolidae | Anolis rodriguezii | Anolis liso del sureste | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | - | | |
| Reptiles | Anolidae | Anolis sagrei | Abaniquillo Pardo del Caribe | Exótica-Invasora | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | - | | |
| Reptiles | Colubridae | Leptophis mexicanus | Culebra Perico Mexicana | Nativa | Amenazada (A) | Sin registro | Preocupación menor (LC) | - | | |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| Clase | Familia | Nombre científico | Nombre común | Distribución nom-059 | NOM-059 | CITES | IUCN | Estacionalidad | R E | A P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reptiles | Colubridae | Mastigodryas melanolomus | Culebra lagartijera común | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | - | | |
| Reptiles | Colubridae | Oxybelis fulgidus | Culebra Bejuquilla Verde | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | - | | |
| Reptiles | Corytophanidae | Basiliscus vittatus | Toloque rayado | Nativa | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | - | | |
| Reptiles | Gekkonidae | Hemidactylus frenatus | Besucona asiática | Exótica-Invasora | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | - | | |
| Reptiles | Iguanidae | Ctenosaura similis | Iguana negra de cola espinosa | Nativa | Amenazada (A) | Apéndice II | Preocupación menor (LC) | - | | |
| Reptiles | Teiidae | Holcosus undulatus | Lagartija Arcoiris | Endémica | Sin registro | Sin registro | Preocupación menor (LC) | - | | |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

A continuación, se describe la comparación entre la RE y el AP de los registros totales de riqueza y abundancia por grupo faunístico.

- ***Anfibios***

Durante los muestreos, se observó que tanto para la RE como para el AP se registró únicamente una especie de anfibio la cual corresponde a *Trachycephalus typhonius* con 1 individuo en ambos casos.

La especie *Trachycephalus typhonius* fue la única registrada en campo tanto para la RE como para el AP esto se debe a que a diferencia de otras especies pertenecientes a la familia Hylidae, esta especie ocupa charcas temporales con muy corta duración para su desarrollo, asimismo suele encontrarse aprovechando el agua acumulada en algunas plantas como lo pueden ser en algunas bromelias, resguardándose y manteniendo su equilibrio osmótico, sin necesidad de un cuerpo de agua permanente directo.

**Tabla III.72. Comparativo de abundancias de anfibios en la RE y el área de AP. Elaboración propia.**

| Grupo | Especie | Nombre común | RE | AP |
|---|---|---|---|---|
| Anfibios | *Trachycephalus typhonius* | Rana arborícola lechosa | 1 | 1 |
| **Total** | | | **1** | **1** |

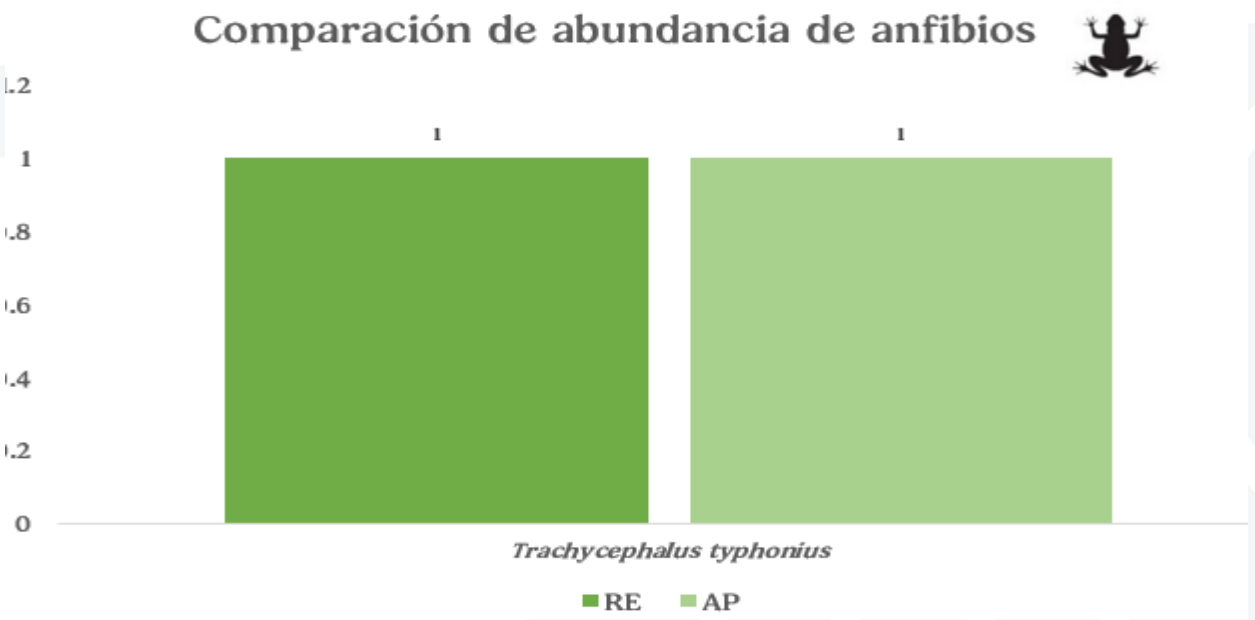



**Figura III.45. Comparación de la riqueza y abundancia de especies de anfibios. Elaboración propia.**

- ***Reptiles***

Durante los muestreos, se observó una mayor riqueza de especies de reptiles dentro de la RE (9) en comparación a la encontrada dentro del área de AP (5); de la misma manera, esta tendencia se observó en las abundancias obtenidas, ya que dentro del área de AP se registró un menor número de individuos (45) que en la RE (84); lo anterior denota que el área de AP es un hábitat para especies que también se pueden encontrar en la RE.

En la RE las especies que presentaron una mayor abundancia fueron Anolis liso del sureste (*Anolis rodriguezii*) con 26 individuos, seguida de Toloque rayado (*Basiliscus vittatus*) con 19 individuos y la Iguana negra de cola espinosa (*Ctenosaura similis*) con 14 individuos, mientras que para el caso del AP se siguió este mismo patrón en donde la especie con mayor abundancia fue (*Anolis rodriguezii*) con 22 individuos, seguida de Toloque rayado (*Basiliscus vittatus*) con 9 individuos y la Iguana negra de cola espinosa (*Ctenosaura similis*) con 7 individuos.

La especie de *Anolis rodriguezii* es una especie Nativa con una amplia distribución, siendo más visible en el sur del país, esta especie se caracteriza por poseer una adaptabilidad a los estratos bajos y medios del dosel de la vegetación forestal, así como también se encuentra en troncos y vegetación secundaria indicando cierto grado de perturbación, al presentar una dieta oportunista (principalmente insectívora) la especie puede presentar una mayor abundancia, correspondiendo a la disponibilidad de recursos y debido también a su alta capacidad reproductiva, por otro lado se encuentra la especie de *Basiliscus vittatus* que es una especie que al igual que la anterior se distribuye en el sur del país y se alimenta principalmente de insectos, estas especies suelen buscar refugios en lugares donde puedan termoregularse como bardas de piedra caliza, montículos de roca, madera entre otros, estos organismos tienen hábitos diurnos y nocturnos dónde tienen su mayor actividad para forrajear y conseguir alimento lo que facilita su registro mediante los muestreos por último en el caso de la especie de *Ctenosaura similis,* es una especie herbívora/omnívora que puede adaptarse a una gran variedad de hábitats, con el requerimiento especifico que allá sitios donde pueda refugiarse, así como también espacios abiertos con algún tipo de roca donde pueda tomar el sol.

De acuerdo con la NOM-059 y su modificación en el Anexo Normativo III se registraron dos especies correspondientes a *Ctenosaura similis* y *Leptophis mexicanus* en categoría de Amenazada (A).

**Tabla III.73. Comparativo de abundancias de reptiles en la RE y el área de AP. Elaboración propia.**

| Grupo | Especie | Nombre común | RE | AP |
|---|---|---|---|---|
| Reptiles | *Anolis rodriguezii* | Anolis liso del sureste | 26 | 22 |
| Reptiles | *Anolis sagrei* | Abaniquillo Pardo del Caribe | 4 | 0 |
| Reptiles | *Basiliscus vittatus* | Toloque rayado | 19 | 9 |
| Reptiles | *Ctenosaura similis* | Iguana negra de cola espinosa | 14 | 7 |
| Reptiles | *Hemidactylus frenatus* | Besucona asiática | 6 | 5 |
| Reptiles | *Holcosus undulatus* | Lagartija Arcoiris | 5 | 0 |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| Grupo | Especie | Nombre común | RE | AP |
|---|---|---|---|---|
| Reptiles | *Leptophis mexicanus* | Culebra Perico Mexicana | 2 | 2 |
| Reptiles | *Mastigodryas melanolomus* | Culebra lagartijera común | 2 | 0 |
| Reptiles | Oxybelis fulgidus | Culebra Bejuquilla Verde | 6 | 0 |
| **Total** | | | **84** | **45** |

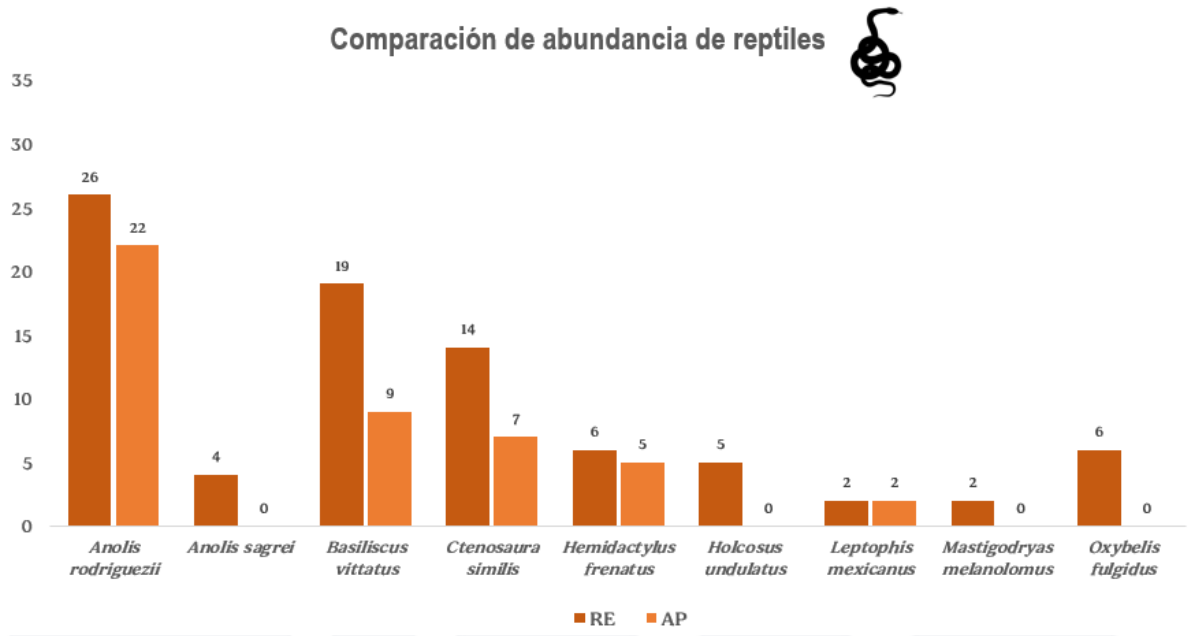



**Figura III.46. Comparación de la riqueza y abundancia de especies de reptiles. Elaboración propia.**

- ***Aves***

Durante los muestreos, se observó una mayor riqueza de especies de aves dentro de la RE (47) en comparación a la encontrada dentro del área de AP (34); de la misma manera, esta tendencia se observó en las abundancias obtenidas, ya que dentro del área de AP se registró un menor número de individuos (211) que en la RE (492); lo anterior denota que el área de AP es un hábitat para especies que también se pueden encontrar en la RE.

La especie que obtuvo una mayor abundancia para la RE fue *Quiscalus mexicanus con* 38 individuos, seguida por *Amazona xantholora y Pitangus sulphuratus* con 35 individuos, *Cyanocorax yncas* con 33 individuos, y tanto *Cyanocorax yucatanicus* como *Eumomota superciliosa* con 28 individuos cada una, mientras que en el caso del AP las especies más abundantes fueron *Quiscalus mexicanus* y *Amazona xantholora* con 23 y 20 individuos respectivamente.

*Quiscalus mexicanus debe su alta abundancia a sus hábitos ya que se trata de una especie omnívora oportunista con alta tolerancia a los espacios perturbados, mientras que en el caso de la especie de Amaxona xantholora* su abundancia se debe

a que estas especies son de habito gregario ya que suele forrajear y buscar alimento en grupos lo que facilita su visibilidad durante los muestreos.

De las especies registradas mediante los recorridos en campo, 5 especies se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación en el Anexo Normativo III para la RE las cuales corresponden a *Amazona xantholora*, en categoría de Amenazada (A) y *Cathartes burrovianus, Dendrocincla anabatina, Eupsittula nana, y Melanoptila glabrirostris* en categoría de Sujeta a Protección especial (Pr). De las cuales solo 4 se encuentran en alguna categoría de riesgo para el AP las cuales son *Amazona xantholora*, como Amenazadas (A) *Cathartes burrovianus, Dendrocincla anabatina y Melanoptila glabrirostris* en categoría de Sujeta a Protección especial **(Pr).**

**Tabla III.74.. Comparativo de abundancias de aves en la RE y el área de AP. Elaboración propia.**

| Aves | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Id** | **Nombre científico** | **Nombre común** | **RE** | **AP** |
| 1 | *Amazilia rutila* | *Colibrí Vientre Canelo* | 5 | 0 |
| 2 | *Amazona xantholora* | *Loro yucateco* | 35 | 20 |
| 3 | *Anhinga anhinga* | *Anhinga Americana* | 4 | 3 |
| 4 | *Aramides albiventris* | *Aramides albiventris* | 4 | 2 |
| 5 | *Camptostoma imberbe* | *Mosquerito Chillón* | 6 | 5 |
| 6 | *Cathartes burrovianus* | *Zopilote sabanero* | 16 | 8 |
| 7 | *Contopus cinereus* | *Papamosca tropical* | 9 | 6 |
| 8 | *Cyanocorax yncas* | *Chara verde* | 33 | 9 |
| 9 | *Cyanocorax yucatanicus* | *Chara yucateca* | 28 | 4 |
| 10 | *Dendrocincla anabatina* | *Trepatroncos sepia* | 4 | 1 |
| 11 | *Eumomota superciliosa* | *Momoto cejas azules* | 28 | 8 |
| 12 | *Euphonia hirundinacea* | *Eufonia garganta amarilla* | 14 | 1 |
| 13 | *Eupsittula nana* | *Perico pecho sucio* | 8 | 0 |
| 14 | *Icterus chrysater* | *Calandria Dorso amarillo* | 7 | 6 |
| 15 | *Icterus cucullatus* | *Calandria Dorso Negro Menor* | 10 | 9 |
| 16 | *Icterus gularis* | *Calandria Dorso Negro Mayor* | 12 | 0 |
| 17 | *Icterus prosthemelas* | *Calandria Caperuza Negra* | 6 | 2 |
| 18 | *Megarynchus pitangua* | *Luis Pico Grueso* | 4 | 0 |
| 19 | *Melanerpes aurifrons* | *Carpintero cheje* | 14 | 3 |
| 20 | *Melanoptila glabrirostris* | *Maullador negro* | 6 | 6 |
| 21 | *Mimus gilvus* | *Centzontle tropical* | 14 | 13 |
| 22 | *Myiarchus crinitus* | *Papamoscas viajero* | 12 | 2 |
| 23 | *Myiodynastes luteiventris* | *Papamoscas Rayado Común* | 2 | 0 |
| 24 | *Nyctanassa violacea* | *Garza nocturna corona clara* | 7 | 5 |
| 25 | *Ortalis vetula* | *Chachalaca Oriental* | 4 | 0 |
| 26 | *Pachyramphus aglaiae* | *Cabezón Degollado* | 5 | 0 |
| 27 | *Parkesia noveboracensis* | *Chipe Charquero* | 2 | 0 |
| 28 | *Pelecanus occidentalis* | *Pelícano café* | 3 | 3 |

| Aves | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Id** | **Nombre científico** | **Nombre común** | **RE** | **AP** |
| 29 | *Piaya cayana* | *Cuclillo Canelo Común* | 2 | 2 |
| 30 | *Piranga rubra* | *Piranga Roja* | 10 | 0 |
| 31 | *Pitangus sulphuratus* | *Bienteveo Común* | 35 | 12 |
| 32 | *Polioptila bilineata* | *Perlita cejiancha* | 6 | 5 |
| 33 | *Quiscalus mexicanus* | *Zanate mexicano* | 38 | 23 |
| 34 | *Setophaga citrina* | *Chipe encapuchado* | 4 | 1 |
| 35 | *Setophaga coronata* | *Chipe Rabadilla Amarilla* | 3 | 0 |
| 36 | *Setophaga ruticilla* | *Pavito Migratorio* | 4 | 0 |
| 37 | *Thalasseus maximus* | *Charrán Real* | 7 | 3 |
| 38 | *Tityra inquisitor* | *Titira pico negro* | 3 | 2 |
| 39 | *Tityra semifasciata* | *Titira puerquito* | 16 | 5 |
| 40 | *Trogon caligatus* | *Coa Violácea Norteña* | 3 | 0 |
| 41 | *Trogon melanocephalus* | *Coa cabeza negra* | 11 | 10 |
| 42 | *Turdus grayi* | *Mirlo Café* | 6 | 3 |
| 43 | *Tyrannus couchii* | Tirano Cuir | 5 | 0 |
| 44 | *Tyrannus melancholicus* | Tirano Cuir | 11 | 11 |
| 45 | *Tyrannus tyrannus* | Tirano dorso negro | 8 | 3 |
| 46 | *Vireo griseus* | Vireo Ojos Blancos | 4 | 3 |
| 47 | *Zenaida asiatica* | Palola alas blancas | 14 | 12 |
| **Total general** | | | **492** | **211** |

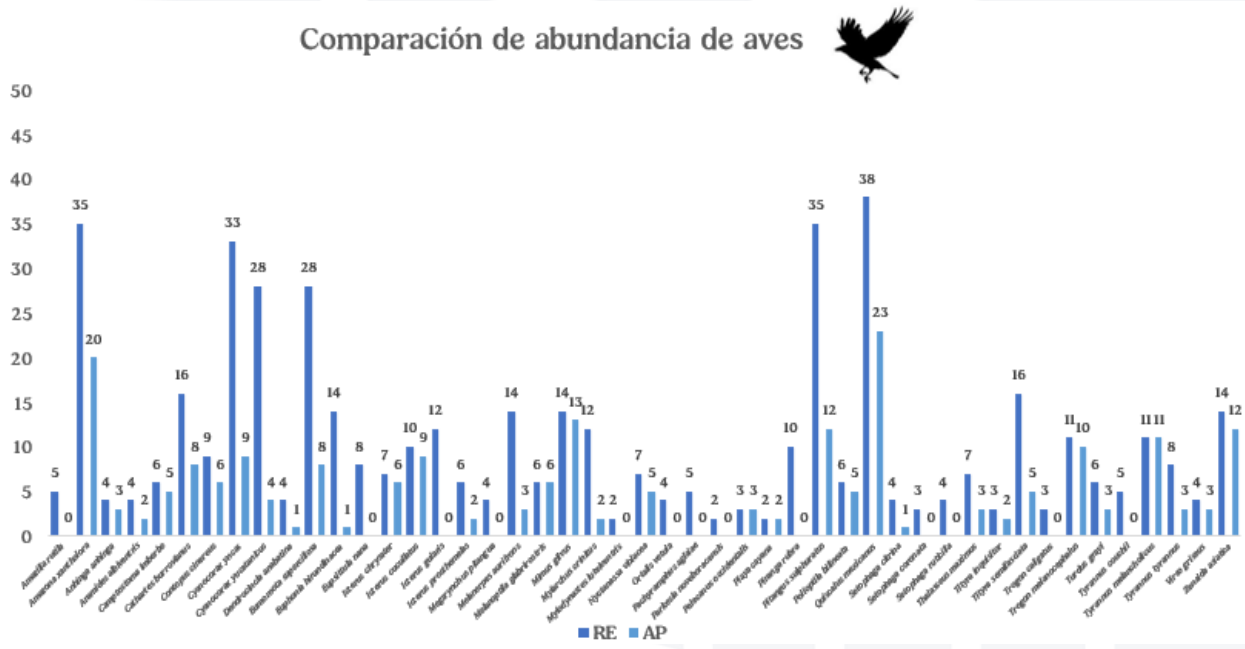



**Figura III.47. Comparación de la riqueza y abundancia de especies de Aves. Elaboración propia.**

- **Estacionalidad de las aves**

De acuerdo con la estacionalidad de las aves registradas en su mayoría las especies fueron residentes tanto para la RE como para el AP con 37 especies para la RE y 29 para el AP seguida de las especies Migratorias de invierno de las cuales fueron 8 para la RE y 4 para el AP, 1 Migratoria de Verano para la RE, y una Transitoria tanto para la RE como para el AP.

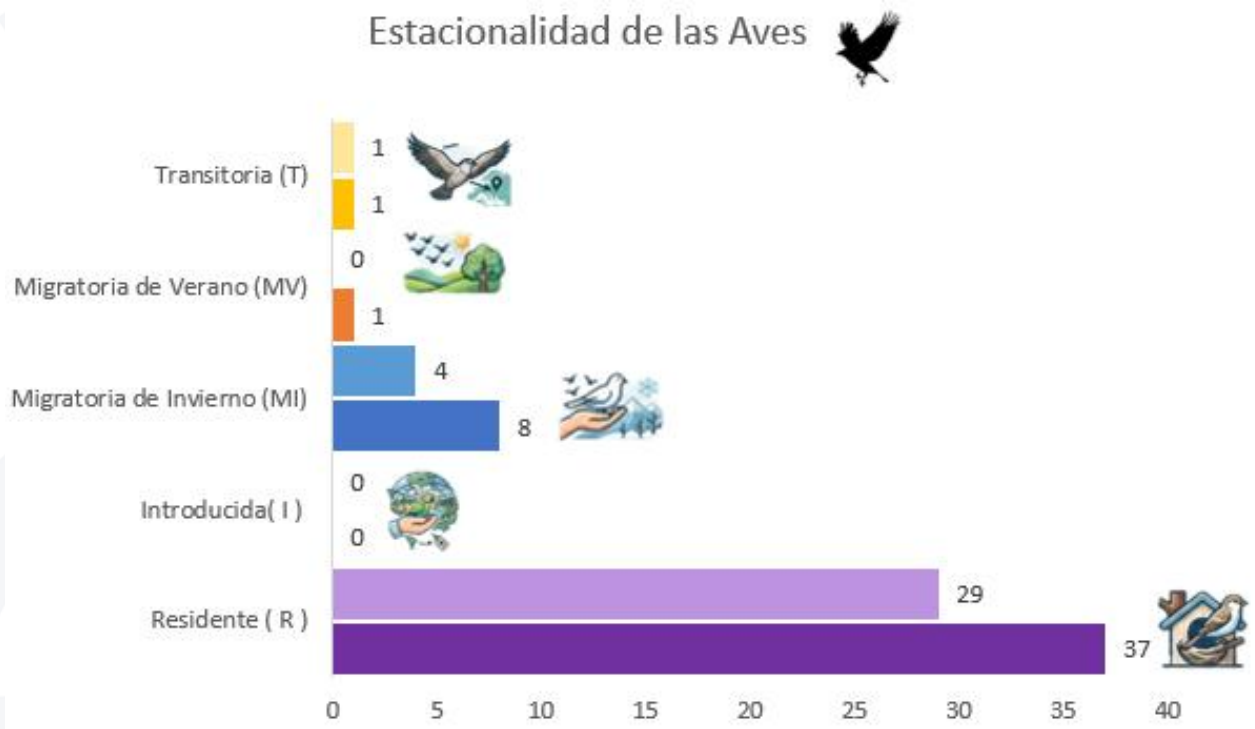



**Figura III.48. Comparación de la estacionalidad de las especies de Aves registradas tanto para RE como para AP.**

- ***Mamíferos***

Durante los muestreos, se observó una mayor riqueza de especies de mamíferos dentro de la RE (5) en comparación a la encontrada dentro del área de AP (3); de la misma manera, esta tendencia se observó en las abundancias obtenidas, ya que dentro del área de AP se registró un menor número de individuos (15) que en la RE (46); lo anterior denota que el área de AP es un hábitat para especies que también se pueden encontrar en la RE.

Las especies que obtuvieron una mayor abundancia para la RE fueron el coatí (*Nasua narica),* Ardilla yucateca (*Sciurus yucatanensis*) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus),* mientras que para el AP las especies más abundantes fueron el coatí (*Nasua narica*) y el mapache (*Procyon lotor*).

La abundancia de la especie de coatí (*Nasua narica*) tanto en la RE como en el AP es relevante debido a que estas especies presentan hábitos gregarios con manadas

compuestas principalmente por hembras adultas y sus crías, mientras que los machos adultos suelen ser solitarios, otro elemento que hace que su abundancia sea alta es la disponibilidad de recursos, al ser especies omnívoras pueden consumir gran variedad de alimentos, entre los principales se encuentran los frutos, semillas, insectos e inclusive mamíferos pequeños, fungiendo de tal manera un papel relevante como dispersor de semillas, formando parte también de la cadena alimenticia siendo presas de depredadores como el jaguar, para mantener el equilibrio ecológico.

Tanto para la RE como para el AP, no se registraron especies dentro del listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III.

**Tabla III.75. Comparativo de abundancias de mamíferos en la RE y el área de AP. Elaboración propia.**

| Grupo | Especie | Nombre común | RE | AP |
|---|---|---|---|---|
| Mamíferos | *Cuniculus paca* | Tepezcuintle | 2 | 0 |
| Mamíferos | *Nasua narica* | Coatí | 18 | 6 |
| Mamíferos | *Procyon lotor* | Mapache | 6 | 6 |
| Mamíferos | *Sciurus yucatanensis* | Ardilla yucateca | 12 | 0 |
| Mamíferos | *Urocyon cinereoargenteus* | Zorra gris | 8 | 3 |
| Total | | | 46 | 15 |

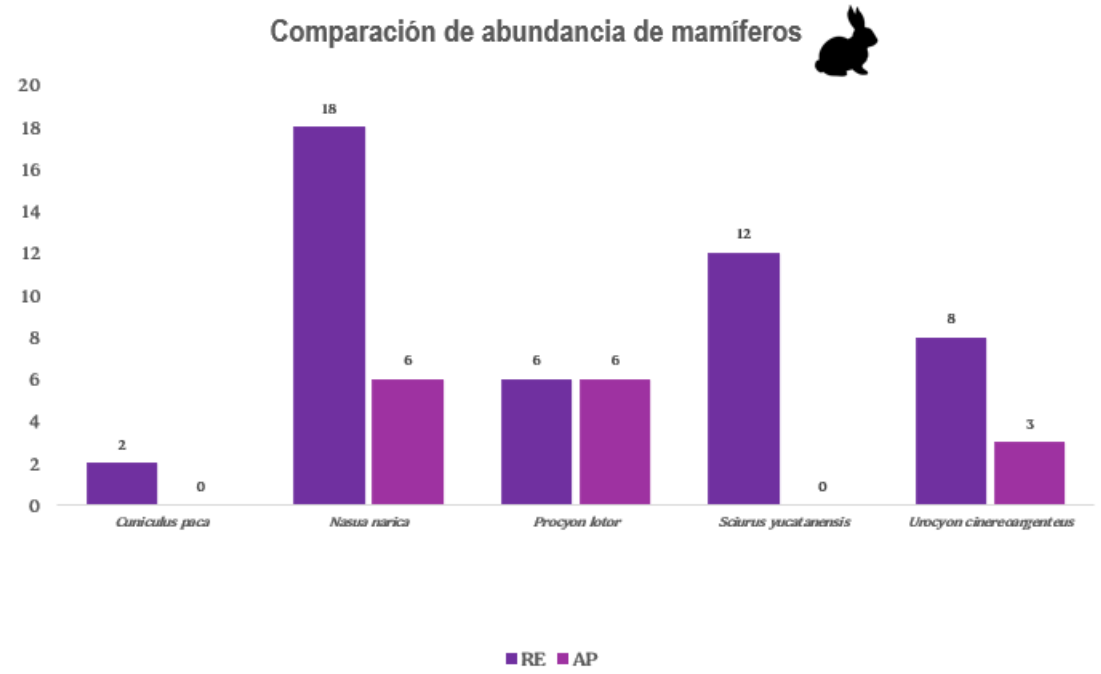



Figura III.49. Comparación de la riqueza y abundancia de especies de mamíferos. Elaboración propia.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

### *e.2) índices de biodiversidad*

#### *- Anfibios*

En el caso de los anfibios únicamente se registró una especie con abundancia de un solo individuo, esto debido a que cerca del área del proyecto no se encuentran las condiciones adecuadas como cuerpos de agua permanentes donde se puedan establecer otras especies de anfibios, sin embargo está especie presenta una tolerancia a la escases de agua ya que no requiere de cuerpos de agua permanentes para establecerse, si no que puede encontrar refugio en el agua acumulada durante lluvias en especies de plantas como lo son algunas pertenecientes a la familia de las Bromeliaceae, por lo tanto los índices de diversidad son iguales a 0.

**Tabla III.76.. Índices de diversidad de anfibios registrados en la RE y el área de AP. Elaboración propia.**

| Índice | RE | AP |
|---|---|---|
| Riqueza | 1 | 1 |
| Abundancia | 1 | 1 |
| H' | 0.0000 | 0.0000 |
| H' max | 0.0000 | 0.0000 |
| Equidad de Pielou (J') | 0.0000 | 0.0000 |

- ***Reptiles***

Para la RE se identificaron 9 especies y un total de 84 individuos, mientras que en área de AP se identificaron 5 especies y un total de 45 individuos. En cuanto a la diversidad, respecto al Índice de Shannon-Wiener se obtuvieron los siguientes valores: en la RE el índice fue H'= 1.8657, mientras que en el área de AP de H'= 1.3437 para ambos escenarios la diversidad se considera baja, con una H´ máxima de 2.1972 y 1.6094 respectivamente, con una equitatividad alta para ambos casos siendo mayor en la RE con 0.8491, mientras que en el AP fue de 0.8349, de tal manera que la RE presenta una mayor diversidad y mayor equitatividad entre las especies con respecto al AP, lo que denota en un ambiente más equilibrado con menos perturbación.

**Tabla III.77.. Índices de diversidad de reptiles registrados en la RE y el área de AP. Elaboración propia.**

| Índice | RE | AP |
|---|---|---|
| Riqueza | 9 | 5 |
| Abundancia | 84 | 45 |
| H' | 1.8657 | 1.3437 |
| H' max | 2.1972 | 1.6094 |
| Equidad de Pielou (J') | 0.8491 | 0.8349 |

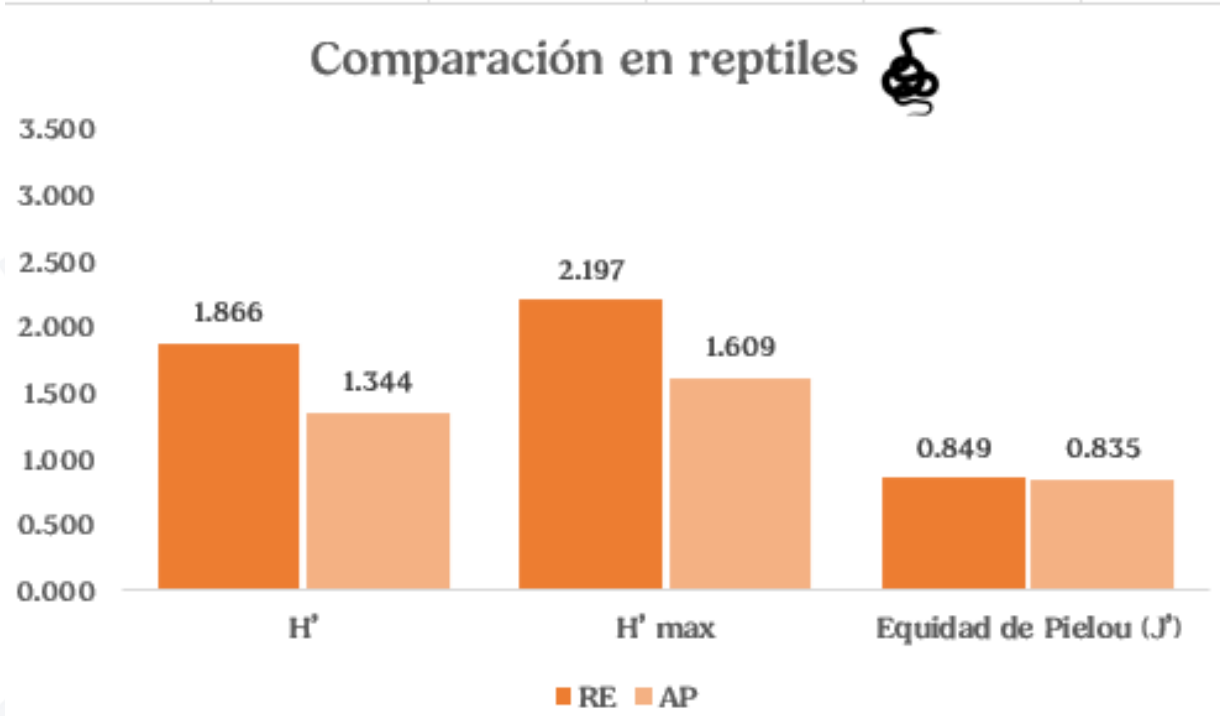



**Figura III.50. Comparación de los índices de diversidad de reptiles. Elaboración propia.**

- ***Aves***

Para la RE se identificaron 47 especies y un total de 492 individuos, mientras que en área de AP se identificaron 34 especies y un total de 211 individuos. En cuanto a la diversidad, respecto al Índice de Shannon-Wiener se obtuvieron los siguientes valores: en la RE el índice fue H'= 3.5206, mientras que en el área de AP de H'= 3.2324 para ambos escenarios la diversidad se considera media, con una H´´´´ máxima de 3.8502 y 43.5264 respectivamente, con una equitatividad alta para ambos casos, siendo mayor en el AP con 0.9167 mientras que en la RE fue de 0.9144, lo cual demuestra que las abundancias de las especies se encuentran distribuidas de manera más homogénea en la el AP con respecto a la RE, pero existe una mayor representatividad en riqueza y abundancia en la RE con respecto al AP.

**Tabla III.78.. Índices de diversidad de aves registrados en la RE y el área de AP. Elaboración propia.**

| Índice | RE | AP |
|---|---|---|
| Riqueza | 47 | 34 |
| Abundancia | 492 | 211 |
| H' | 3.5206 | 3.2324 |
| H' max | 3.8502 | 3.5264 |
| Equidad de Pielou (J') | 0.9144 | 0.9167 |

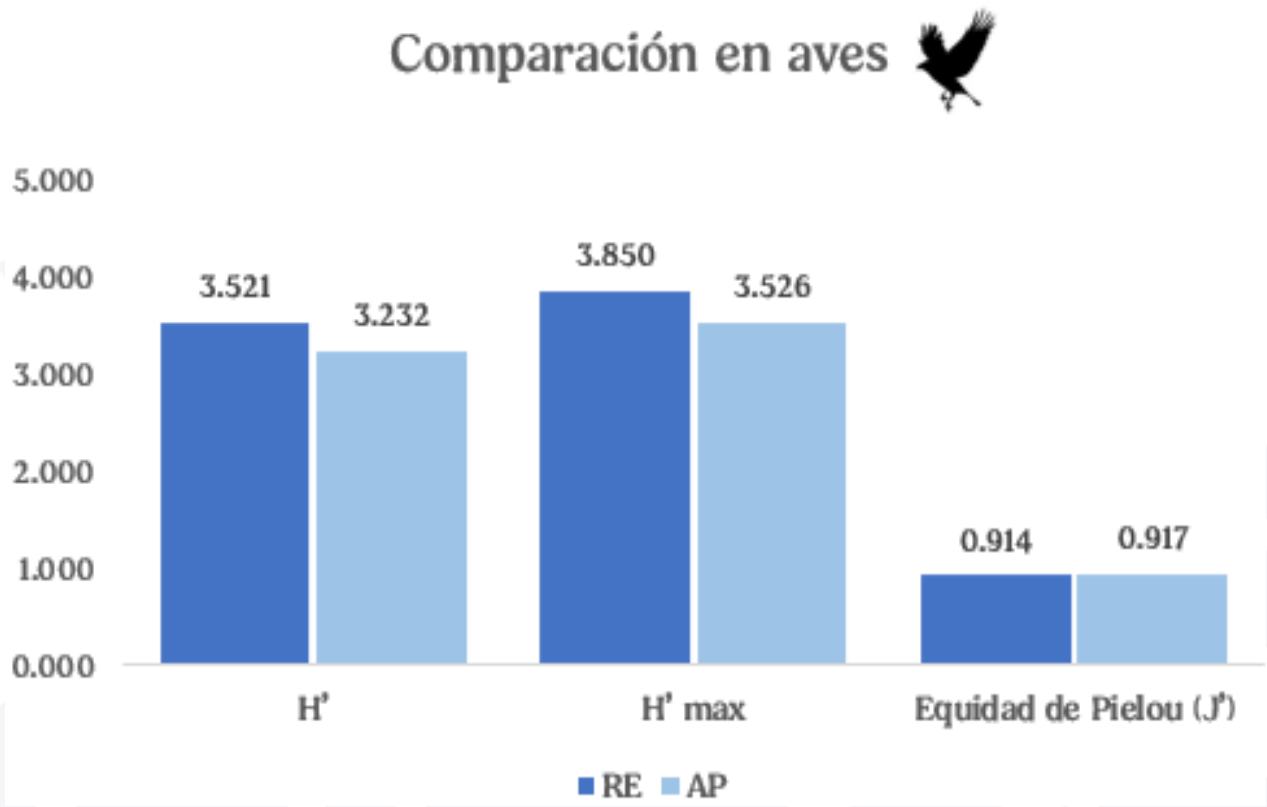



**Figura III.51. Comparación de los índices de diversidad de aves Elaboración propia.**

- ***.Mamíferos***

Para la RE se identificaron 5 especies y un total de 46 individuos, mientras que en área de AP se identificaron 3 especies y un total de 15 individuos. En cuanto a la diversidad, respecto al Índice de Shannon-Wiener se obtuvieron los siguientes valores: en la RE el índice fue H'= 1.4239, mientras que en el área de AP de H'= 1.0549 para ambos escenarios la diversidad se considera media, con una H´´´´ máxima de 1.6094 y 1.0986 respectivamente, con una equitatividad alta para ambos casos siendo mayor en el AP con 0.8847 mientras que en la RE fue de 0.9602, lo cual demuestra que la abundancia de las especies se encuentran distribuidas de manera más homogénea en el AP con respecto a la RE.

**Tabla III.79.. Índices de diversidad de Mamíferos registrados en la RE y el área de AP. Elaboración propia.**

| Índice | RE | AP |
|---|---|---|
| Riqueza | 5 | 3 |
| Abundancia | 46 | 15 |
| H' | 1.4239 | 1.0549 |
| H' max | 1.6094 | 1.0986 |
| Equidad de Pielou (J') | 0.8847 | 0.9602 |

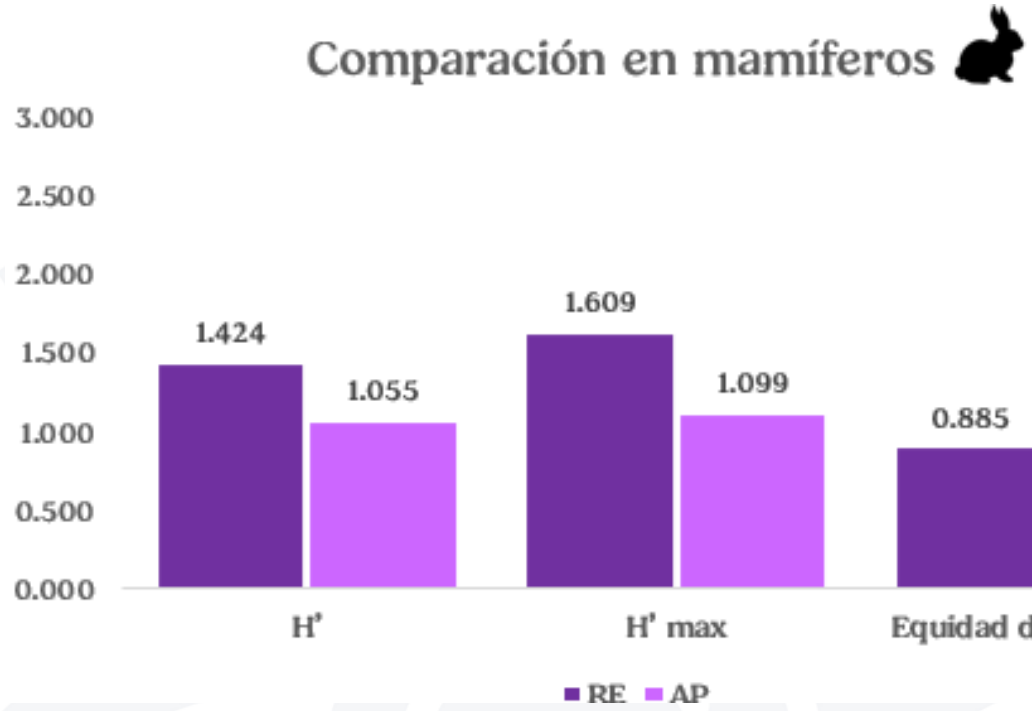



**Figura III.52. Comparación de los índices de diversidad de Mamíferos. Elaboración propia. Elaboración propia.**

Los resultados que se reflejan en cada una de las tablas por grupo faunístico se pueden observar que los valores de riqueza, abundancia, índice de Shannon y H' max son superiores en la cuenca y que todas las especies del AP se distribuyen en el área de la cuenca, lo que puede indicar que la distribución y densidades poblacionales de los grupos faunísticos no se verá comprometida. El cambio de uso de suelo en terrenos forestales afecta de manera directa a la fauna, disminuyendo su hábitat, refugios, disponibilidad de alimento y la diversidad.

En este sentido, se confirma que no se afectará la riqueza, ni abundancia de fauna con la ejecución del área de AP, y que como medida de prevención se implementará un programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre previo al inicio de la remoción de la vegetación, así como durante las diferentes etapas de ejecución del proyecto, los ejemplares rescatados serán cuidadosamente trasladados a áreas mejor conservadas dentro de la RE. En caso de no aplicar las medidas de prevención, mitigación y compensación adecuadas durante la remoción de vegetación en la actividad de preparación del sitio, se afectará de forma directa a la fauna, principalmente a las especies de baja capacidad de desplazamiento (anfibios, reptiles y mamíferos pequeños). Las actividades propias de la preparación del sitio y posteriores a él, como son el uso de maquinaria, ruido y presencia de personal de la obra ahuyentarán a la fauna causando desplazamiento durante las diferentes etapas del proyecto.

Otro impacto que se puede ocasionar por la falta de medidas de prevención, mitigación y compensación, sería la probabilidad de que la fauna sea aprovechada de

manera ilegal como alimentación, comercio u ornato; debido a ello, se contempla la implementación del ahuyentamiento y rescate de todas las especies de fauna (con énfasis en las listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación de su Anexo Normativo III), por personal especializado en manejo de estas especies. Todos los impactos antes mencionados son prevenibles, mitigables o compensables, con la aplicación correcta de las acciones propuestas y el programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre; el cual es una pieza clave para mitigar los impactos ambientales por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, se garantizará la permanencia y estabilidad de las poblaciones de fauna silvestre.

***e.3) Categoría de riesgo de las especies***

- ***NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019)***

De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019) se registraron un total de 7 especies en alguna categoría de riesgo, de las cuales solo 6 fueron registradas para el AP, para los reptiles fueron 2 especies tanto para la RE como para el AP dentro de la categoría de Amenazadas correspondiendo a *Ctenosaura similis* y *Leptophis mexicanus,* para el grupo de las aves se registraron 5 especies para la RE correspondiendo a *Amazona xantholora* en categoría de Amenazada, *Cathartes burrovianus, Dendrocincla anabatina, Eupsittula nana y Melanoptila glabrirostris,* mientras tanto para este grupo faunístico se registraron las mimas especies que en la RE exceptuando *Eupsittula nana*.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

**Tabla III.80. Especies faunísticas registradas en la RE y AP en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Elaboración propia.**

| No. | Grupo | Especie | Nombre común | NOM-059 | Distribución | RE | AP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Aves | *Amazona xantholora* | *Loro yucateco* | *Amenazada (A)* | *Endémica* | X | X |
| 2 | Aves | *Cathartes burrovianus* | *Zopilote sabanero* | *Sujeta a protección especial (Pr)* | *Nativa* | X | X |
| 3 | Aves | *Dendrocincla anabatina* | *Trepatroncos sepia* | *Sujeta a protección especial (Pr)* | *Nativa* | X | X |
| 4 | Aves | *Eupsittula nana* | *Perico pecho sucio* | *Sujeta a protección especial (Pr)* | *Nativa* | X | |
| 5 | Aves | *Melanoptila glabrirostris* | *Maullador negro* | *Sujeta a protección especial (Pr)* | *Endémica* | X | X |
| 6 | Reptiles | *Ctenosaura similis* | *Iguana negra de cola espinosa* | *Amenazada (A)* | *Nativa* | X | X |
| 7 | Reptiles | *Leptophis mexicanus* | *Culebra Perico Mexicana* | *Amenazada (A)* | *Nativa* | X | X |
| **TOTAL** | | | | | | **7** | **6** |

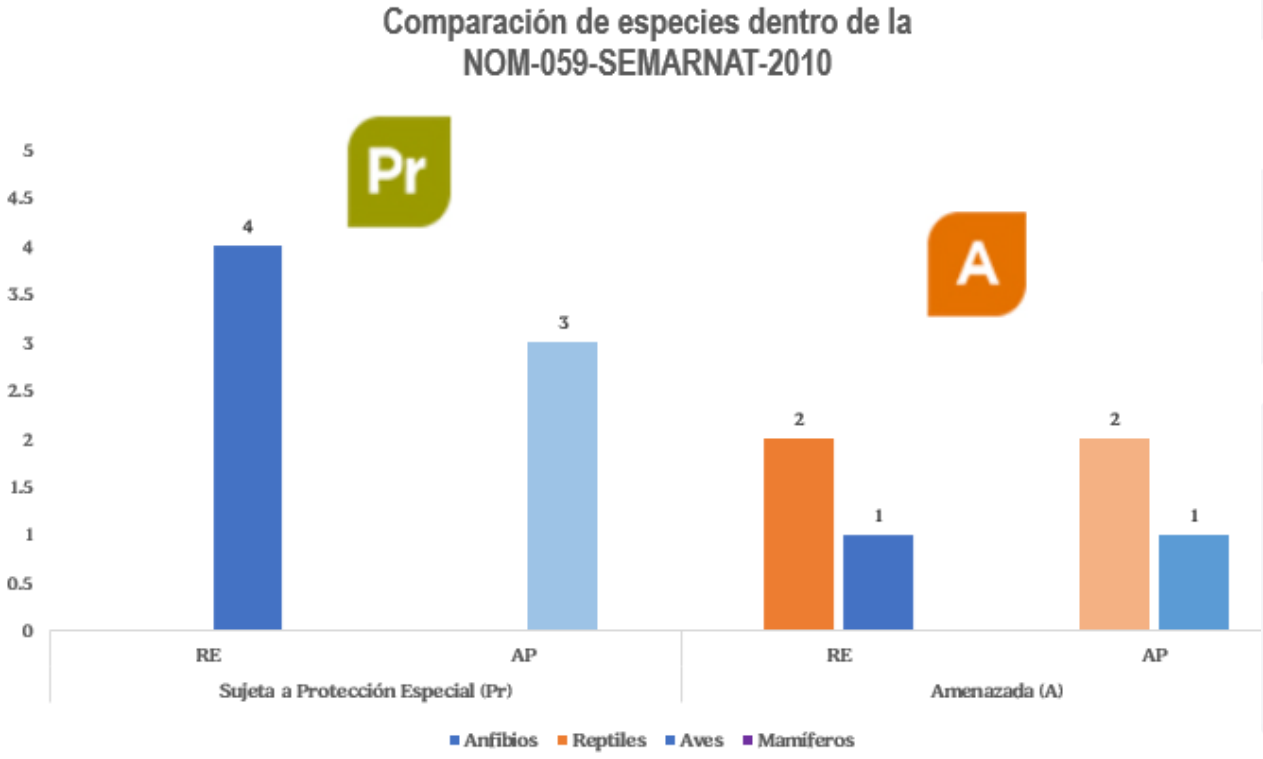



**Figura III.53. Especies registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la RE y el área de AP. Elaboración propia.**

- ***Lista Roja de la IUCN***

Respecto a la Lista Roja de la IUCN, para la RE 62 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo 61 se encuentran en la categoría de Preocupación menor (LC) y una en Casi Amenazada (NT) que corresponde a *Eupsittula nana*, mientras que

para el AP el total de las especies se encuentra en categoría de Preocupación menor (LC).

A continuación, se presenta la relación de especies en la IUCN por grupo faunístico

**Tabla III.81. Especies faunísticas registradas en la RE y AP en alguna categoría la Lista Roja de la IUCN. Elaboración propia.**

| Grupo faunístico | Preocupación menor (LC) | | Casi Amenazada (NT) | |
|---|---|---|---|---|
| | RE | AP | RE | AP |
| Anfibios | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Reptiles | 9 | 5 | 0 | 0 |
| Aves | 46 | 34 | 1 | 0 |
| Mamíferos | 5 | 3 | 0 | 0 |

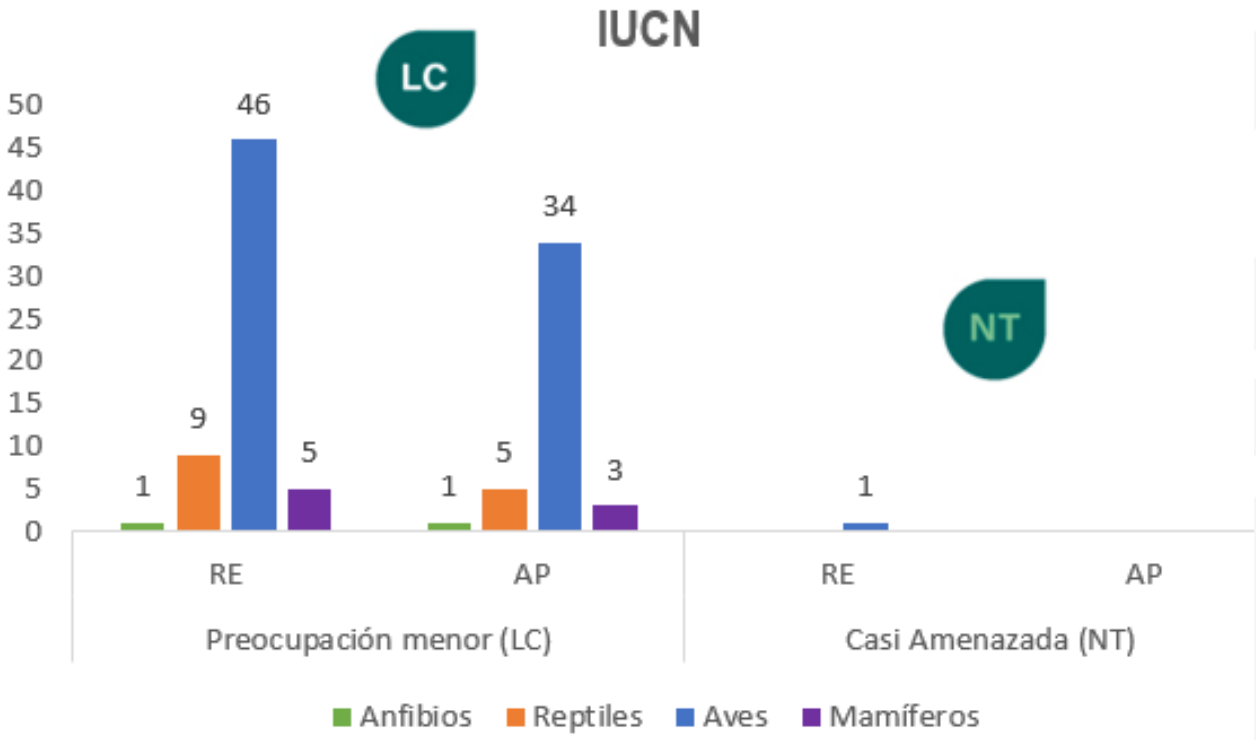



**Figura III.54. Especies registradas en la IUCN de la RE y el AP. Elaboración propia.**


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

- ***Apéndices CITES***

Para la RE se registraron 5 especies que presentan alguna categoría de riesgo por comercio dentro del Apéndice II para la RE 3 de aves y 1 de reptil, mientras que para el AP únicamente fueron 1 de aves y q reptil. En la siguiente tabla se presenta esta relación por grupo faunístico.

**Tabla III.82. Especies faunísticas registradas en la RE y AP en algún Apéndice del CITES. Elaboración propia.**

| Grupo faunístico | APENDICE I | | APENDICE II | | APENDICE III | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | RE | AP | RE | AP | RE | AP |
| Anfibios | 0 | 0 | 0 | .0 | 0 | 0 |
| Reptiles | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Aves | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| Mamíferos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

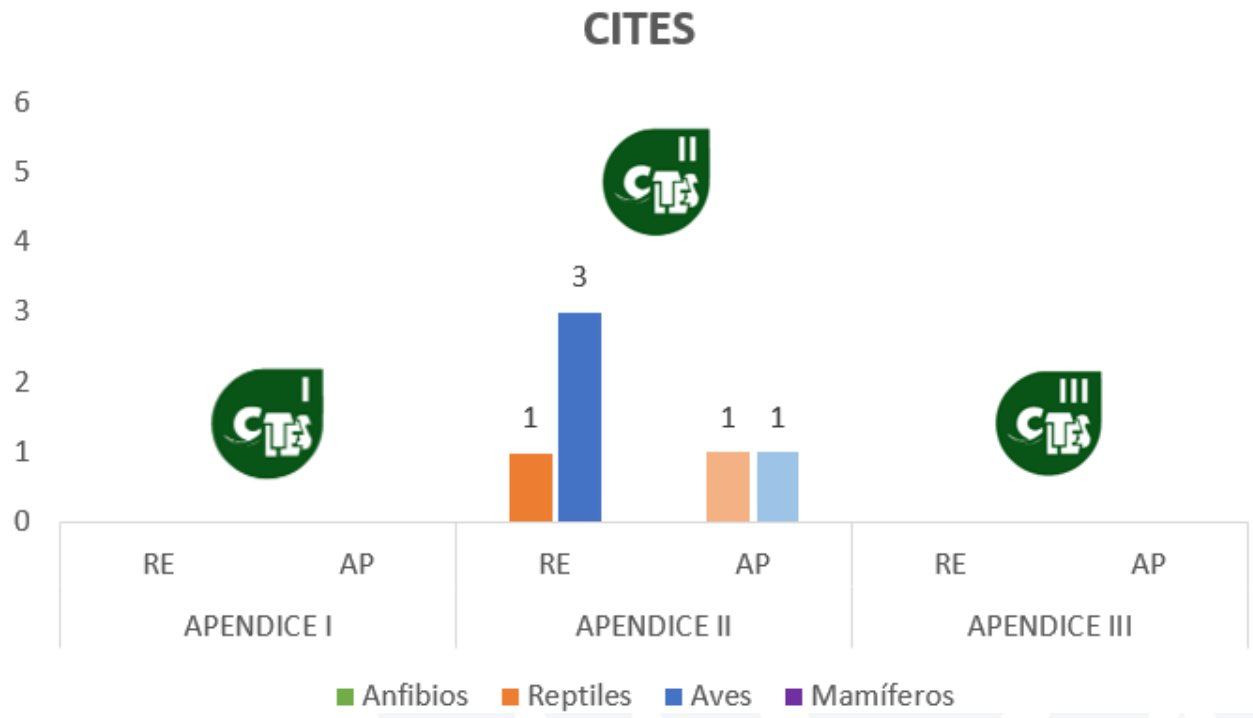



**Figura III.55. Especies registradas en la CITES de la RE y el AP. Elaboración propia.**

- ***PROCER***

Para el PROCER se registraron 4 especies en categoría de prioridad ALTA que corresponden Amazona *xantholora, Eupsittula nana, Zenaida asiática y Ctenosaura similis* para la RE mientras que para el AP solo se registraron las mismas que en la RE exceptuando la especie de *Eupsittula nana.*


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

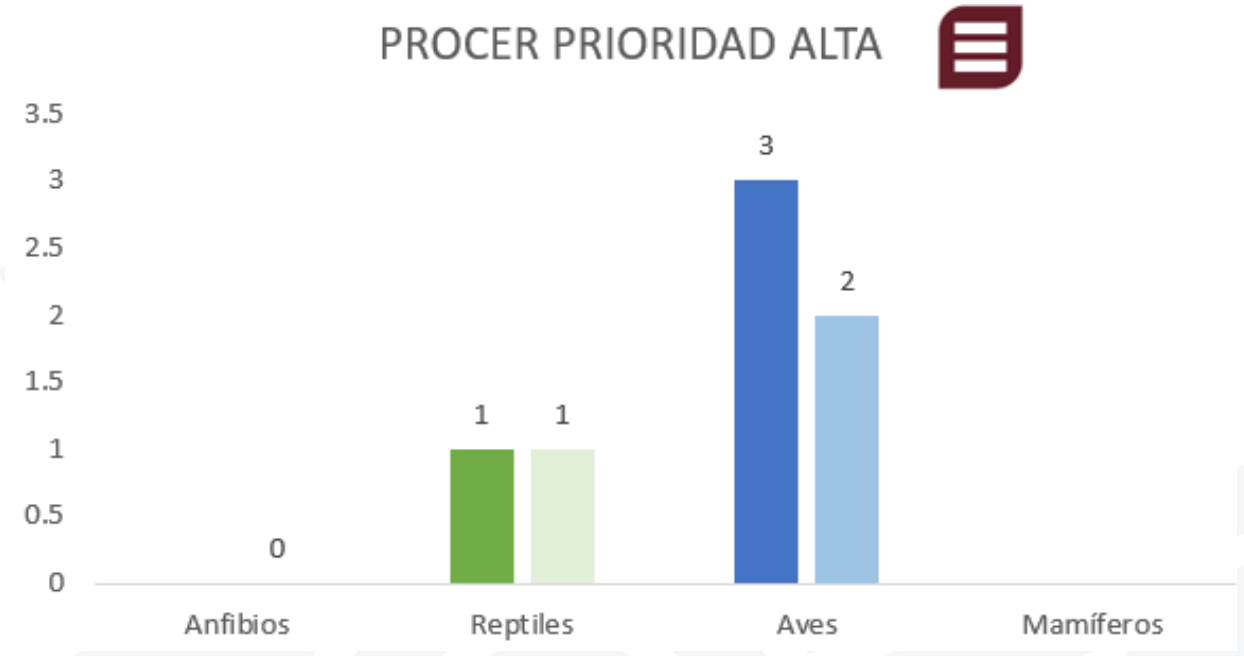



**Figura III.56.Especies registradas en el PROCER dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.**

- **Distribución**

De las 62 especies registradas para la RE 62 se consideran Nativas, 3 endémicas de acuerdo con la NOM-059 que corresponden a Amazona *Amazona xantholora y Melanoptila glabrirostris* y una endémica de acuerdo con CONABIO que corresponde a *Holcosus undulatus*, 2 exóticas invasoras que corresponden a *Anolis sagrei* y *Hemidactylus frenatus,* mientras que para el AP 39 especies son nativas con las mismas endémicas que en la RE y una exótica invasora que corresponde a *Hemidactylus frenatus*.

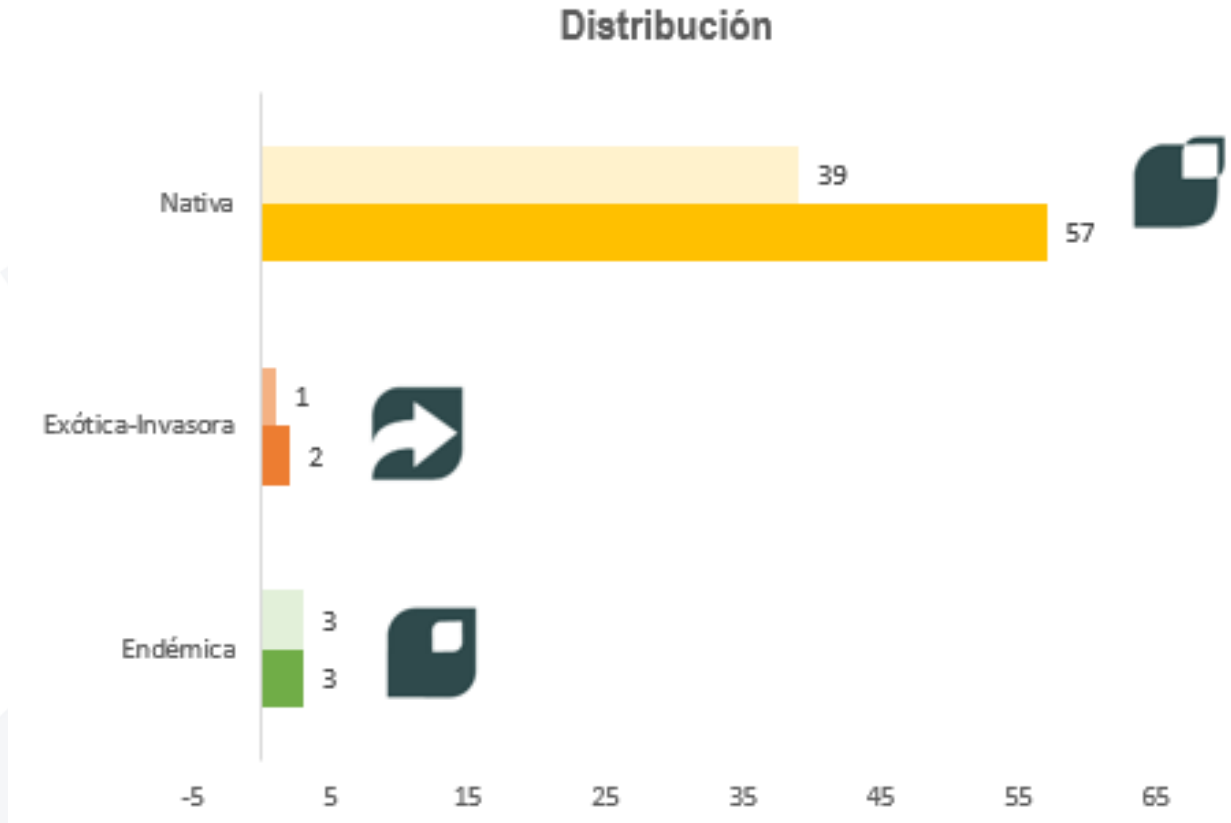



**Figura III.57. Distribución de las especies registradas dentro de la RE y el AP. Elaboración propia.**

### *e.4) Especies prioritarias para la conservación*

A continuación, se presenta un análisis de las especies de importancia biológica o reconocidas dentro del Estado a través del estudio *Riqueza Biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación* de Pozo, C. (2011) de la CONABIO (https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/6607.pdf y https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/6608.pdf).

- Especies de anfibios endémicos presentes en Quintana Roo

Conforme a este estudio, se indica la presencia de 3 especies de anfibios endémicos posibles dentro de la Laguna de Bacalar, los cuales 2 fueron registrados de manera potencial dentro de la RE. No obstante, estos no se registraron dentro de los muestreos de campo de la RE ni del AP. Por ello, se prevé que estas especies no presenten algún grado de afectación en el marco de este proyecto.

**Tabla III.83. Anfibios endémicos para Quintana Roo con incidencia en la RE y el AP. Elaboración propia.**

| ESPECIE | Familia | Fauna potencial | Registro en la RE | Registro en el AP |
|---|---|---|---|---|
| *Tripion petasatus* | Hylidae | X | | |
| *Craugastor yucatanensis* | Craugastoridae | | | |
| *Bolitoglossa yucatana* | Plethodontidae | X | | |

- Especies de reptiles endémicos presentes en Quintana Roo

Conforme a este estudio, se indica la presencia de 5 especies de reptiles endémicos posibles dentro de la Laguna de Bacalar, de los cuales 3 fueron registrados de manera potencial dentro de la RE. No obstante, estos no se registraron dentro de los muestreos de campo de la RE ni del AP. Por ello, se prevé que estas especies no presenten algún grado de afectación en el marco de este proyecto.

**Tabla III.84. Reptiles endémicos para Quintana Roo con incidencia en la RE y el AP. Elaboración propia.**

| ESPECIE | Familia | Fauna potencial | Registro en la RE | Registro en el AP |
|---|---|---|---|---|
| *Dermatemys mawii* | Dermatemydidae | | | |
| *Coleonyx elegans* | Eublepharidae | X | | |
| *Lampropeltis triangulum* | Colubridae | | | |
| *Porthidium yucatanicum* | Viperidae | X | | |
| *Symphimus mayae* | Colubridae | X | | |

- **Especies de aves endémicas presentes en Quintana Roo y la Laguna de Bacalar**

Conforme a este estudio, se indica la presencia de 14 especies de aves endémicas posibles dentro de la Laguna de Bacalar, los cuales 8 fueron registrados de manera potencial dentro de la RE. Finalmente, se registraron 2 especies en los muestreos de RE y AP.

**Tabla III.85. Aves endémicas para Quintana Roo con incidencia en la RE y el AP. Elaboración propia.**

| ESPECIE | Familia | Fauna potencial | Registro en la RE | Registro en el AP |
|---|---|---|---|---|
| *Meleagris ocellata* | Phasianidae | X | | |
| *Amazona xantholora* | Psittacidae | | x | X |
| *Nyctiphrynus yucatanicus* | Caprimulgidae | X | | |
| *Caprimulgus badius* | Caprimulgidae | | | |
| *Melanerpes pygmaeus* | Picidae | X | | |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| ESPECIE | Familia | Fauna potencial | Registro en la RE | Registro en el AP |
|---|---|---|---|---|
| *Myiarchus yucatanensis* | Tyrannidae | X | | |
| *Cyanocorax yucatanicus* | Corvidae | X | X | X |
| *Campylorhynchus yucatanicus* | Troglodytidae | | | |
| *Melanoptila grabirostris* | Mimidae | X | | |
| *Piranga roseogularis* | Cardinalidae | X | | |
| *Icterus auratus* | Icteridae | X | | |
| *Chlorostilbon forficatus* | Trochilidae | | | |
| *Vireo bairdi* | Vireonidae | | | |
| *Toxostoma guttatum* | Mimidae | | | |

- **Especies de mamíferos terrestres de importancia para la conservación y emblemáticos en Quintana Roo y la Laguna de Bacalar**

Conforme a este estudio, se indica la presencia de 9 especies de mamíferos de importancia para la conservación y emblemáticos posibles dentro de la Laguna de Bacalar, de los cuales 5 fueron registrados de manera potencial dentro de la RE. No obstante, estos no se registraron dentro de los muestreos de campo de la RE ni del AP. Por ello, se prevé que estas especies no presenten algún grado de afectación en el marco de este proyecto.

**Tabla III.86. Mamíferos de importancia para la conservación y emblemáticos para Quintana Roo con incidencia en la RE y el AP. Elaboración propia.**

| ESPECIE | Familia | Fauna potencial | Registro en la RE | Registro en el AP |
|---|---|---|---|---|
| *Panthera onca* | Felidae | | | |
| *Puma concolor* | Felidae | | | |
| *Leopardus wiedii* | Felidae | X | | |
| *Herpailurus yagouaroundi* | Felidae | | | |
| *Leopardus pardalis* | Felidae | X | | |
| *Ateles geoffrroyi* | Atelidae | X | | |
| *Alouatta villosa* | Atelidae | X | | |
| *Tamandua mexicana* | Myrmecophagidae | X | | |
| *Tapirella bairdii* | Tapiridae | | | |


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

***e.5) Especies exóticas y exóticas-invasoras***

Dentro de las especies potenciales, se documentan 6 exóticas-invasoras y 1 exótica. Respecto a los muestreos realizados en el AP, se encontró 1 especie exótica-invasora que corresponde a *Hemidactylus frenatus*. Y, Finalmente, para la Re se encontraron 2 especies exóticas-invasoras correspondientes a *Anolis sagrei* y *Hemidactylus frenatus*, por lo que en ningún motivo serán rescatadas, y se aplicarán medidas específicas para su manejo y control.

***f) Conclusiones***

Atendiendo a los numerales anteriores se determinó que la RE presentó las mejores condiciones para albergar a las especies identificadas dentro de este estudio, incluyendo a todas las especies que se determinaron dentro del AP, el cual se describió como con comunidad forestal con una calidad de hábitat moderada para el establecimiento de la fauna. No obstante, este proyecto contempla la ejecución de medidas de prevención, mitigación y compensación sobre la fauna (como ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre), explicado en numerales posteriores. Con ello, se concluye que la ejecución de este proyecto **no comprometerá ni afectará a la biodiversidad en términos de la fauna de la Región Ecológica (RE) siempre y cuando se ejecuten las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas para este estudio.**


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

# III.8. ANÁLISIS RESPECTO A LA INCIDENCIA DE LA REGIÓN ECOLÓGICA CON ÁREAS DE IMPORTANCIA AMBIENTAL

## III.8.1. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs)

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves 2015 (AICA).

Tanto la Región Ecológica (RE) como el Área del Proyecto (AP) **NO INCIDEN** dentro de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs). En el caso de la RE, la AICA más cercanas es la 179 Sian Ka'An a 3,370m, mientras que, en el caso del AP, esta región se ubica a >10,000 m.

**Tabla III.87. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) |
| Sian Ka'An | ----- | >10,000 | ----- | 3,370 |

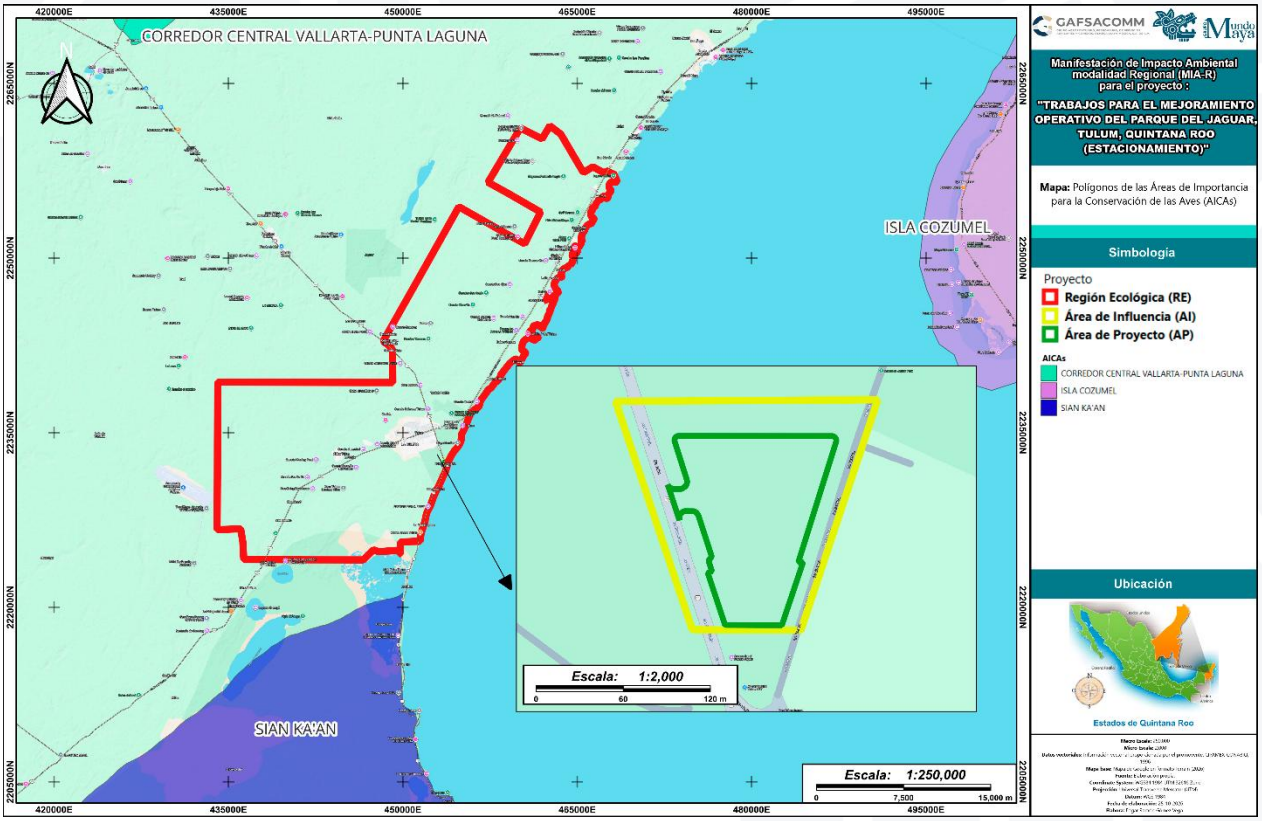



**Figura III.58. Incidencia de las AICAs dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.8.2. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) de carácter federales

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** ANP Federal. CONANP.

En el caso de la RE está incide dentro de 4 ANP´s de carácter federal las cuales corresponden a Arrecifes de Sian Ka'an, Caribe Mexicano, Tulum y Jaguar, mientras que el AP únicamente presenta incidencia en su totalidad con la ANP de carácter federal Tulum.

**Tabla III.88. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas Federales conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Áreas Naturales Protegidas Federales | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia (m²) | Cercanía (m) | Incidencia (m²) | Cercanía (m) |
| Arrecifes de Sian Ka'an | ----- | 6,598 | 40,311 | ----- |
| Caribe Mexicano | ----- | 145 | 676,042 | ----- |
| Tulum | 10,000 | | 6,642,956 | ----- |
| Jaguar | ----- | 3,677 | 2,826,700 | ----- |

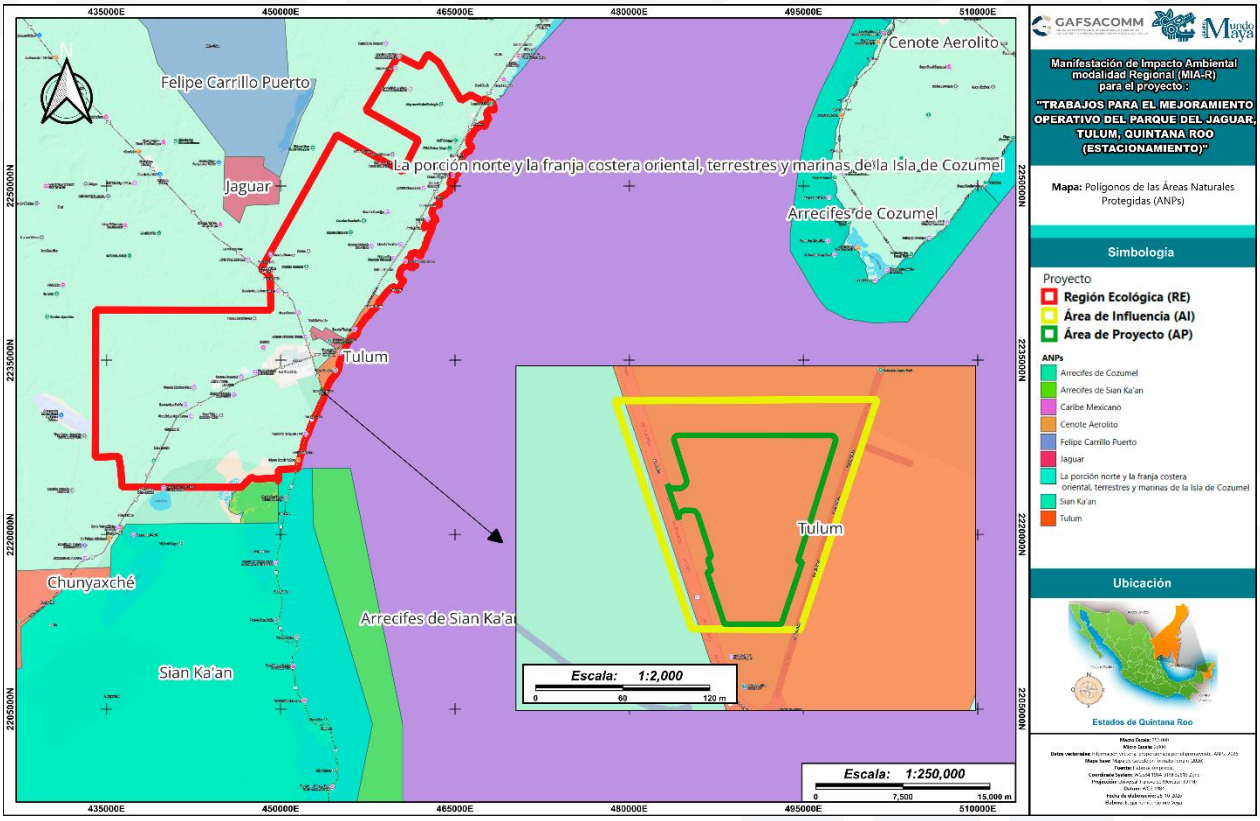



**Figura III.59. Incidencia de las ANPs Federales dentro de la RE y AP. Elaboración propia**

## III.8.3. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) de carácter estatal

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** ANP Estatal. CONANP.

En lo que respecta a la RE está incide dentro de Áreas naturales protegidas de carácter estatal que corresponden al Santuario de la Tortuga Marina Xcacel - Xcacelito (Marino) y (Terrestre), mientras que en el AP **NO INCIDEN** ANP´S de carácter estatal.

**Tabla III.89. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a las Áreas Naturales Protegidas Estatales conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Áreas Naturales Protegidas Estatales | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) |
| Santuario de la Tortuga Marina Xcacel - Xcacelito (Marino) | ----- | >10,000 | 48,323 | |
| Santuario de la Tortuga Marina Xcacel - Xcacelito (Terrestre) | ----- | >10,000 | 152,890 | |

## III.8.3. Áreas Naturales Protegidas (ANPs) de carácter municipal

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** ANP Estatal. CONANP.

Tanto la Región ecológica (RE) como el Área de proyecto (AP) **NO INCIDEN** dentro de alguna ANP de carácter Municipal, las que se encuentran más cercanas son a distancias mucho mayores a 10,000 m.

## III.8.4. Manglares

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Distribución de los manglares en México en 2020. CONABIO. 1: 50000.

La región ecológica (RE) presenta incidencia con manglar en una superficie de 20,354,320, mientras que el Área de Proyecto (AP), no presenta incidencia, con una cercanía a manglar mayor a 10,000 m.

**Tabla III.90. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a manglares conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Manglares | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) |
| Manglar | ----- | >10,000 | 20,354,320 | ----- |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

### III.8.5. Humedales

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Humedales. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 1:250,000.

Dentro de la Región Ecológica (RE) se presenta una incidencia total de 16,266,173 $m^2$ de humedales de tipo estuarino, mientras que cuenta con una incidencia de 8,612,809 $m^2$ de humedales de tipo Paluste. En el caso del Área del Proyecto (AP), **NO SE REGISTRA INCIDENCIA** conforme al SIGEIA, siendo el más cercano, uno de tipo Estuarino a 900m.

**Tabla III.91. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a humedales conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Tipo de humedales | | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) |
| Estuarino | Agua | ----- | 9,198 | 58,813 | ----- |
| Estuarino | Suelo | ----- | 4,245 | 1,274,938 | ----- |
| Estuarino | ----- | ----- | 9,260 | 767,675 | ----- |
| Estuarino | Suelo-Agua-Vegetación | ----- | >10,000 | 56,593 | ----- |
| Estuarino | Suelo-Vegetación | ----- | 3,507 | 11,087,003 | ----- |
| Estuarino | Vegetación | ----- | 900 | 3,021,151 | ----- |
| Palustre | Suelo | ----- | 8,896 | 1,304,177 | ----- |
| Palustre | ----- | ----- | 9,354 | 860,227 | ----- |
| Palustre | Suelo-Agua-Vegetación | ----- | 9,331 | 92,674 | ----- |
| Palustre | Suelo-Vegetación | ----- | 8,893 | 2,743,468 | ----- |
| Palustre | Vegetación | ----- | 1,184 | 3,612,263 | ----- |

### III.8.6. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVCs)

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** ADVC. CONANP.

Tanto la Región Ecológica (RE) como el Área del Proyecto (AP) **NO INCIDEN** dentro de alguna ADVC. Sin embargo, la más cercana se encuentra a una distancia de 2,025 m para la (RE) Y mayor a los 10,000 m para el AP y corresponde a la ADVC de Territorio Ancestral Indígena Tzucan Uxuxubi.

**Tabla III.92. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a ADVCs conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Áreas Destinadas Voluntariamente para la Conservación (ADVCs) | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia (m²) | Cercanía (m) | Incidencia (m²) | Cercanía (m) |
| Territorio Ancestral Indígena Tzucan Uxuxubi | ----- | >10,000 | ----- | 2,025 |

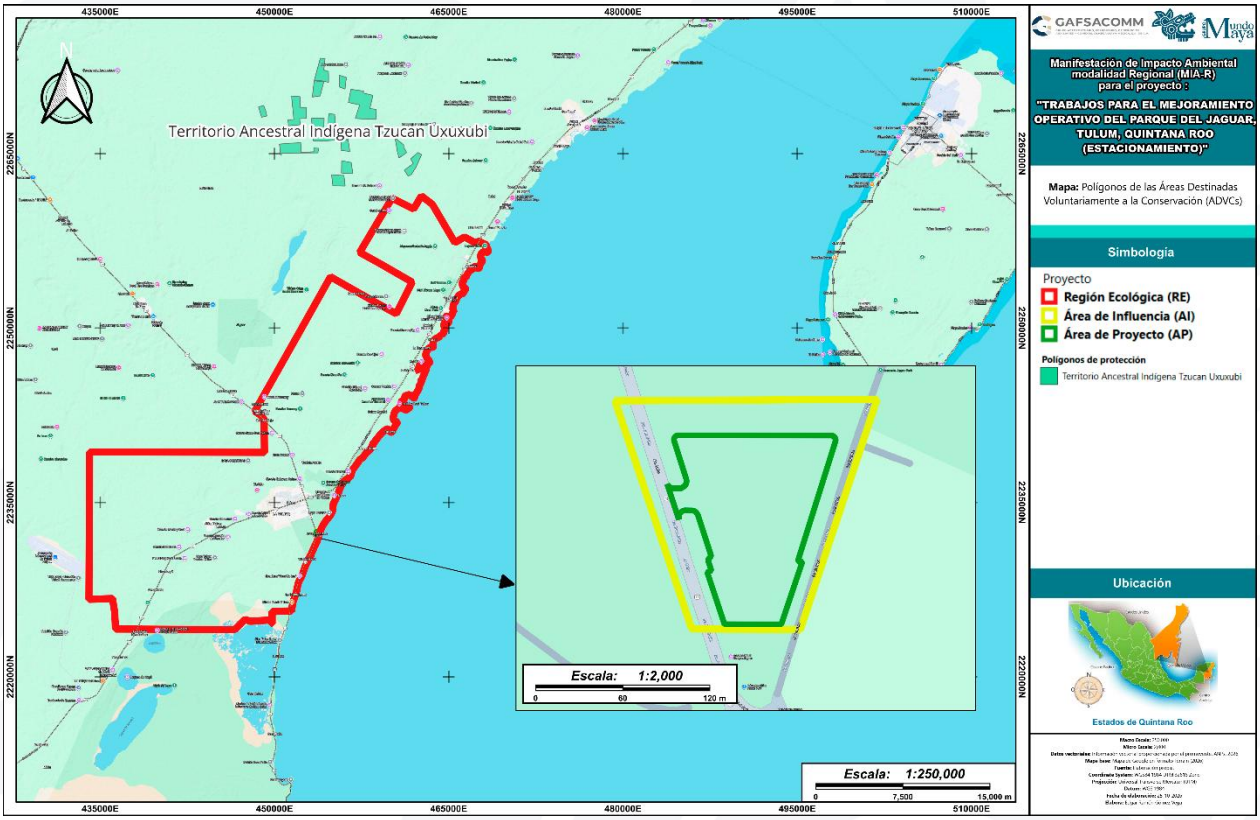



**Figura III.60. Incidencia de las ADVCs dentro de la RE y AP. Elaboración propia**

## III.8.7. Unidades de Manejo Ambiental (UMAs)

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA), 2020.

Tanto la Región Ecológica (RE) como el Área del proyecto (AP) **NO INCIDEN** dentro de alguna UMA. Sin embargo, las UMAS más cercanas se encuentran a más de 10,000m y corresponden al Ejido San Juan y Ejido tres Reyes.

**Tabla III.93. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a UMAs conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Unidades de Manejo Ambiental (UMAs) | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia (m²) | Cercanía (m) | Incidencia (m²) | Cercanía (m) |
| Ejido San Juan | ----- | >10,000 | ---- | >10,000 |
| Ejido tres Reyes | ----- | >10,000 | ---- | >10,000 |

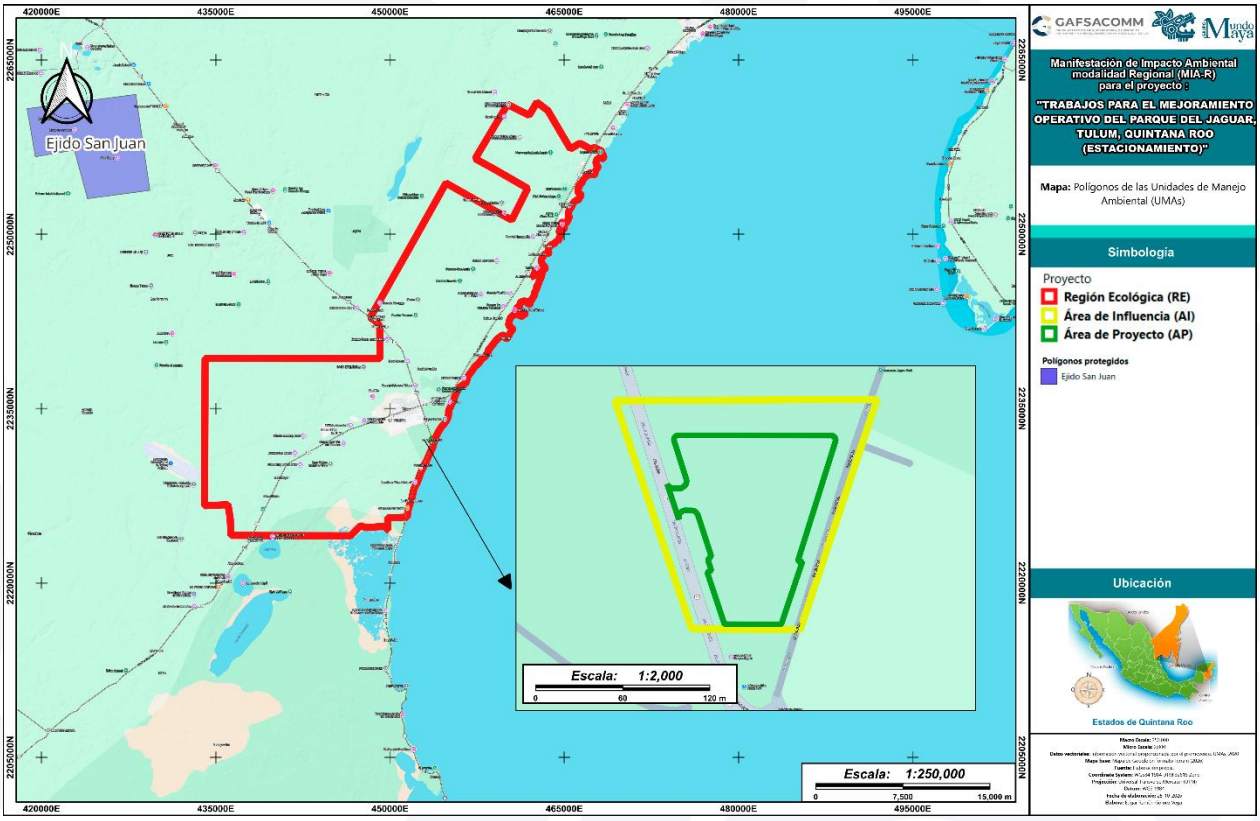



**Figura III.61. Incidencia de las UMAs dentro de la RE y AP. Elaboración propia**

## III.8.8. Cenotes (oasis)

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** CENOTES OASIS. SEMARNAT-Dirección General de Vida Silvestre.

La Región Ecológica (RE) incide en 16 cenotes (oasis), mientras que el (AP) **NO INCIDE** en algún cenote, el más cercano se encuentra a una distancia aproximada de 4,672 correspondiendo a Calavera | Temple of Doom.

**Tabla III.94.. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a Cenotes (oasis).**

| Cenotes (Oasis) | Coordenadas | | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ESTE X | NORTE Y | Presencia | Cercanía (m) | Presencia | Cercanía (m) |
| Cristal \| Naharon | 446392.74270 | 2233568.48280 | ----- | 7,308 | Presente | ----- |
| Escondido | 447659.50990 | 2233329.78810 | ----- | 6,019 | Presente | ----- |
| Jaguar | 460481.20830 | 2247098.02450 | ----- | >10,000 | Presente | ----- |
| Jungla Maya Native Park | 459867.34780 | 2243647.42860 | ----- | >10,000 | Presente | ----- |
| Sac ActÃn | 457225.75150 | 2246694.45350 | ----- | >10,000 | Presente | ----- |
| Xel-HÃ¡ | 462646.82980 | 2246862.68480 | ----- | >10,000 | Presente | ----- |
| Xunaan-Ha | 462321.84170 | 2249553.73660 | ----- | >10,000 | Presente | ----- |
| Yaxmuul | 459785.41900 | 2243537.71680 | ----- | >10,000 | Presente | ----- |
| Angelita | 439613.30570 | 2226804.18170 | ----- | >10,000 | Presente | ----- |
| Calavera \| Temple of Doom | 452236.22510 | 2236910.77120 | ----- | 4,672 | Presente | ----- |
| Car Wash - Aktun-Ha | 449248.84110 | 2241898.67580 | ----- | >10,000 | Presente | ----- |
| Dos Ojos Cenote | 459151.07380 | 2247462.01200 | ----- | 8,756 | Presente | ----- |
| Grand Cenote | 451547.35870 | 2238832.29830 | ----- | 6,713 | Presente | ----- |
| Labnaha | 459415.16900 | 2242998.84280 | ----- | >10,000 | Presente | ----- |
| ManatÃ \| Casa Cenote | 459095.80710 | 2241148.61830 | ----- | >10,001 | Presente | ----- |
| Nohoch Nah Chich | 457796.87190 | 2244417.26290 | ----- | >10,002 | Presente | ----- |

## III.8.9. Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs)

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Regiones Hidrológicas Prioritarias. CONABIO. 1:4,000,000.

La Región Ecológica (RE) presenta una incidencia de 400,413,491 m2 dentro de la RHP Cenotes Tulum - Cobá, mientras que el Área del Proyecto (AP) incide en esta misma con una superficie de 2478 m2. Para el Corredor Cancún – Tulum, incide la RE con 67,952,745 m2, mientras que el AP presenta una cercanía mayor a 10,000m. Finalmente, la RHP Sian Ka'an, tiene incidencia en RE con 13,258,097 m2 y cercanía en AP de 7,070m.

**Tabla III.95. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a RHPs conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs) | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) |
| Cenotes Tulum - Cobá | 2,478 | ----- | 400,413,491 | ----- |
| Corredor Cancún - Tulum | ----- | >10000m | 67,952,745 | ----- |
| Sian Ka'an | ----- | 7,070 | 13,258,097 | ----- |

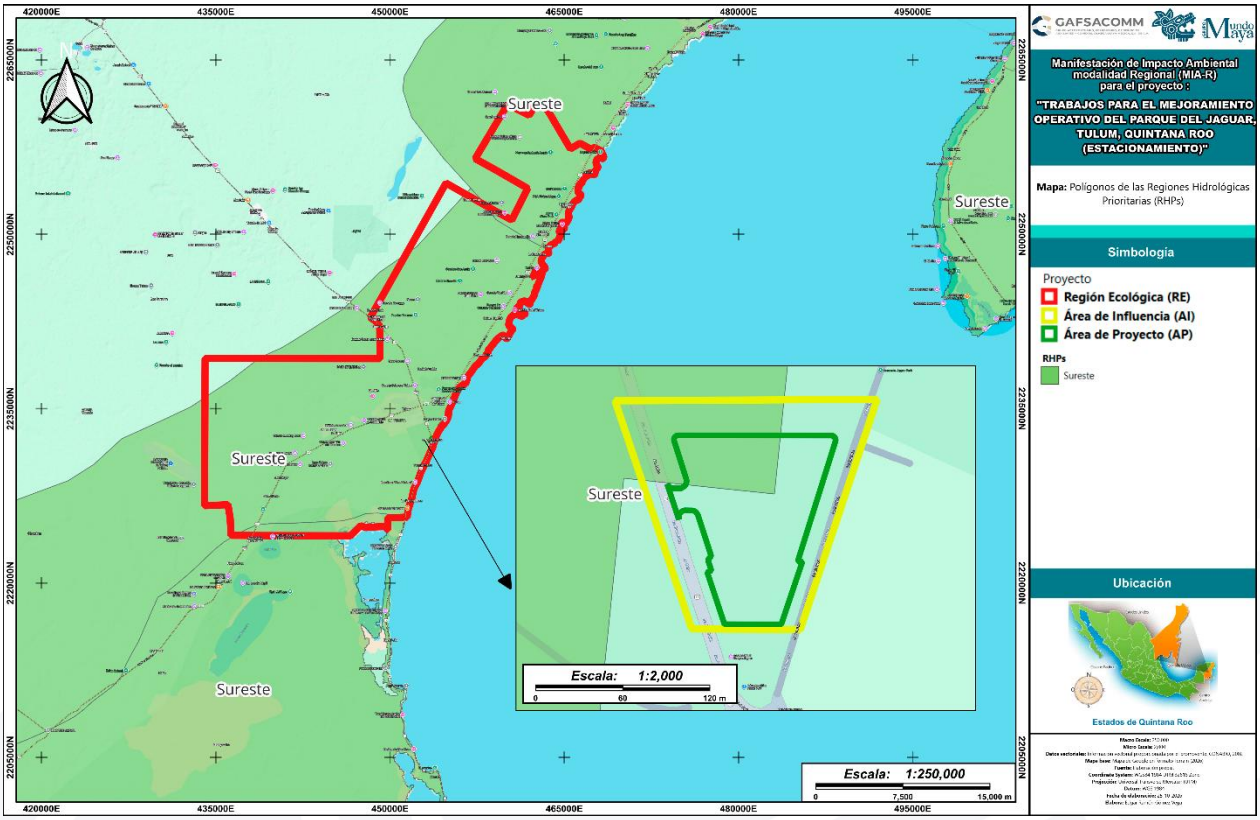



**Figura III.62. Incidencia de las RHPs dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.8.10. Regiones Marinas Prioritarias (RMPs)

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Regiones Marinas Prioritarias. CONABIO. 1:4,000,000.

La Región Ecológica (RE) presenta una incidencia de 219,443,488 m$^2$ dentro de la RMP Tulum-Xpuha, mientras que el Área del Proyecto (AP) incide con 10,000 m$^2$ en esta misma RMP. Para la RMP Sian Ka'an la RE presenta una incidencia de 11,146,355 en Sian Ka´an, mientras que en el AP presenta una cercanía de 6,556m.

**Tabla III.96. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a RMPs conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Regiones Marinas Prioritarias (RMPs) | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia | Cercanía (m) | Incidencia | Cercanía (m) |
| Tulum-Xpuha | 10,000 | ----- | 219,443,488 | ----- |
| Sian Ka'an | ----- | 6,556 | 11,146,355 | ----- |

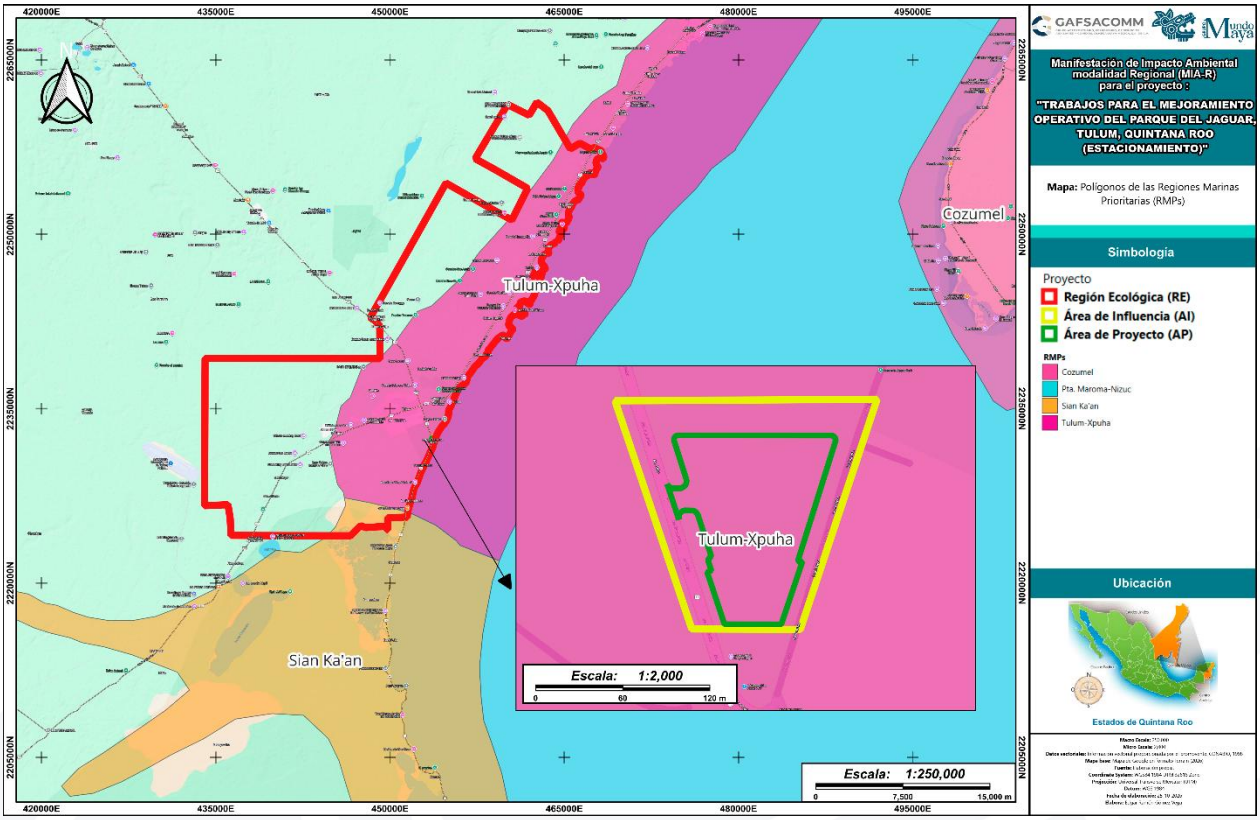



**Figura III.63. Incidencia de las RMPs dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.8.11. Regiones Terrestres Prioritarias (RTPs)

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Regiones Terrestres Prioritarias. CONABIO. 1:4,000,000.

En Región Ecológica (RE) se observa una incidencia de 585,749 m$^2$ para la RTP Sian Ka'an-Uaymil-Xcalak, que está a 8,312 de cercanía con AP.

**Tabla III.97. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a RTPs conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Regiones Terrestre Prioritarias (RTPs) | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia | Cercanía (m) | Incidencia | Cercanía (m) |
| 147 Sian Ka'an-Uaymil-Xcalak | ----- | 8,312 | 585,749 | ----- |

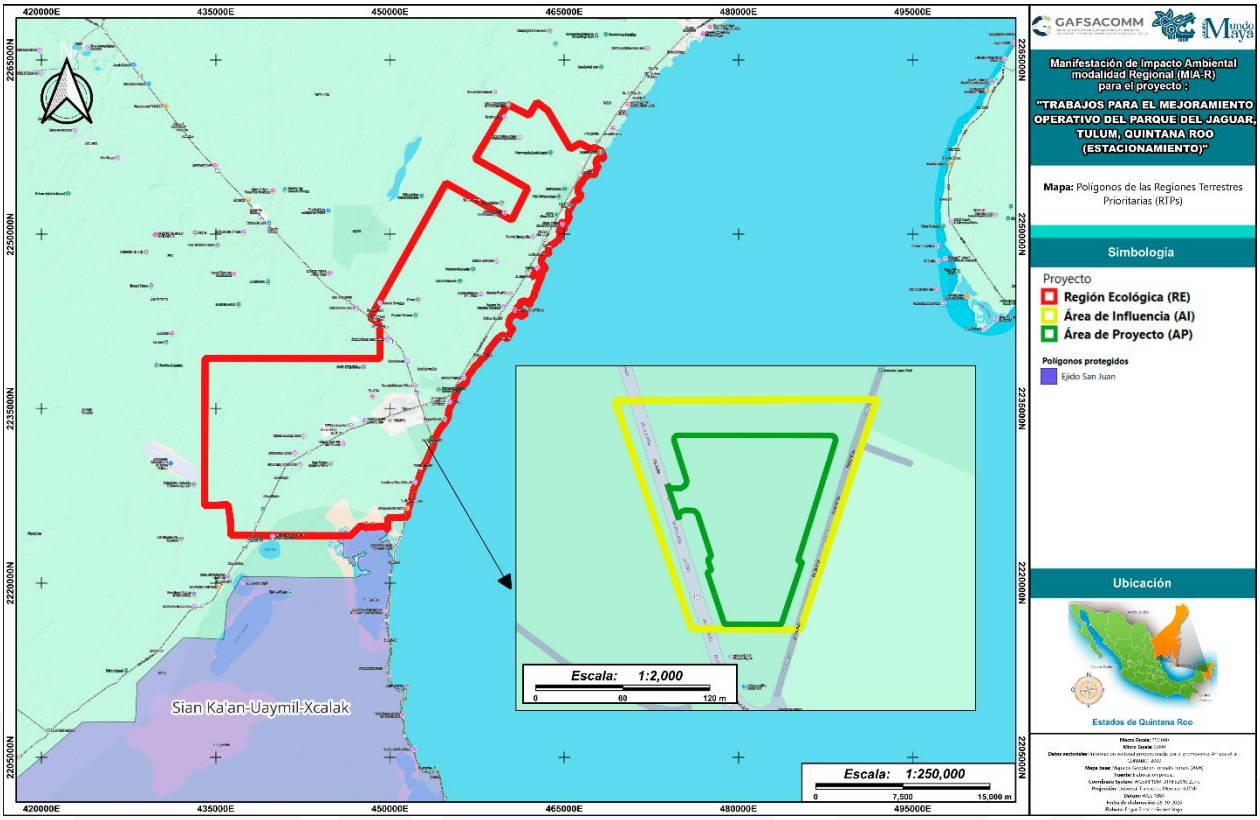



**Figura III.64. Incidencia de las RTPs dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.8.12. Sitios RAMSAR

**Análisis de incidencia:** Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA) (2026).

**Vector de origen:** Sitios RAMSAR. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

La Región Ecológica (RE) incide dentro del Sitio Ramsar Sian Ka'an y Playa Tortuguera X'cacel-X'cacelito con una superficie de 40,310 $m^2$ y 733,150 $m^2$ respectivamente. Por otro lado, el AP presenta una cercanía mayor a 10,000m con Playa Tortuguera X'cacel-X'cacelito y una de 6,599 con Sian Ka'an.

**Tabla III.98. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a Sitios Ramsar conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Sitios Ramsar | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) |
| Sian Ka'an | ----- | 6,599 | 40,311 | ----- |
| Playa Tortuguera X'cacel-X'cacelito | ----- | >10000 | 733,150 | ----- |

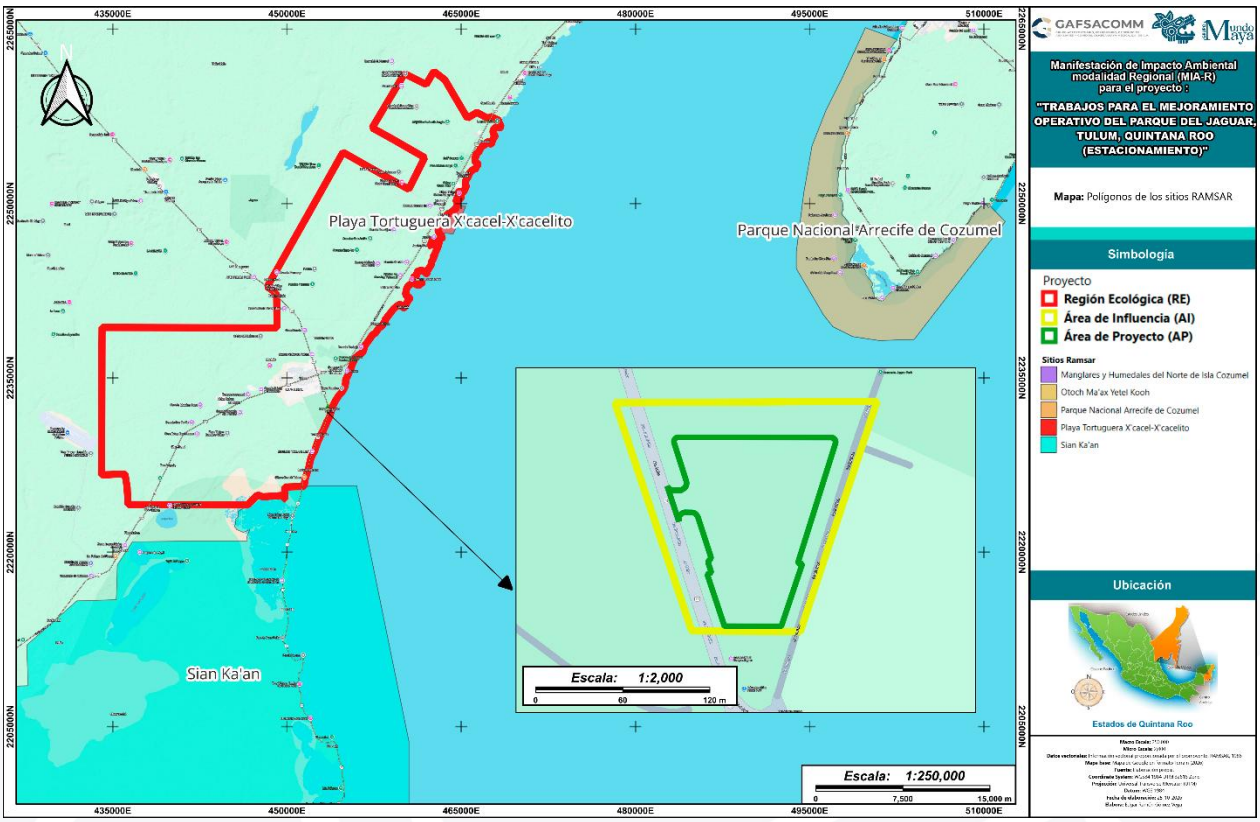



**Figura III.65. Incidencia de los Sitios RAMSAR dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.8.13. Corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad (CBC)

**Análisis de incidencia:** GEOPORTAL CONABIO (2026)

http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

**Vector de origen:** CONABIO-CONANP.PNUD, (2019). 'Corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad de México (2019)', escala: 1:250000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. Ciudad de México, México.

Tanto en La Región Ecológica (RE) como en el Área del proyecto **NO INCIDEN** Corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad, el más cercano se encuentra a aproximadamente 1,710 m de distancia de la RE, y a 31,863 m del AP.

**Tabla III.99. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los Corredores Bioclimáticos conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.**

| Corredores bioclimáticos | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia (m²) | Cercanía (m) | Incidencia (m²) | Cercanía (m) |
| -1 - 1 | 10,000 | ----- | 372,417,312 | ----- |
| 1 - 51 | ----- | 668 | 37,193,288 | ----- |
| 51 - 82 | ----- | 5,894 | 5,747,697 | ----- |
| 82 - 115 | ----- | 3,141 | 15,018,937 | ----- |
| 115 - 154 | ----- | 1,649 | 20,245,133 | ----- |
| 154 - 200 | ----- | 3,122 | 22,490,089 | ----- |
| **Total** | **10,000** | | **473,112,456** | |

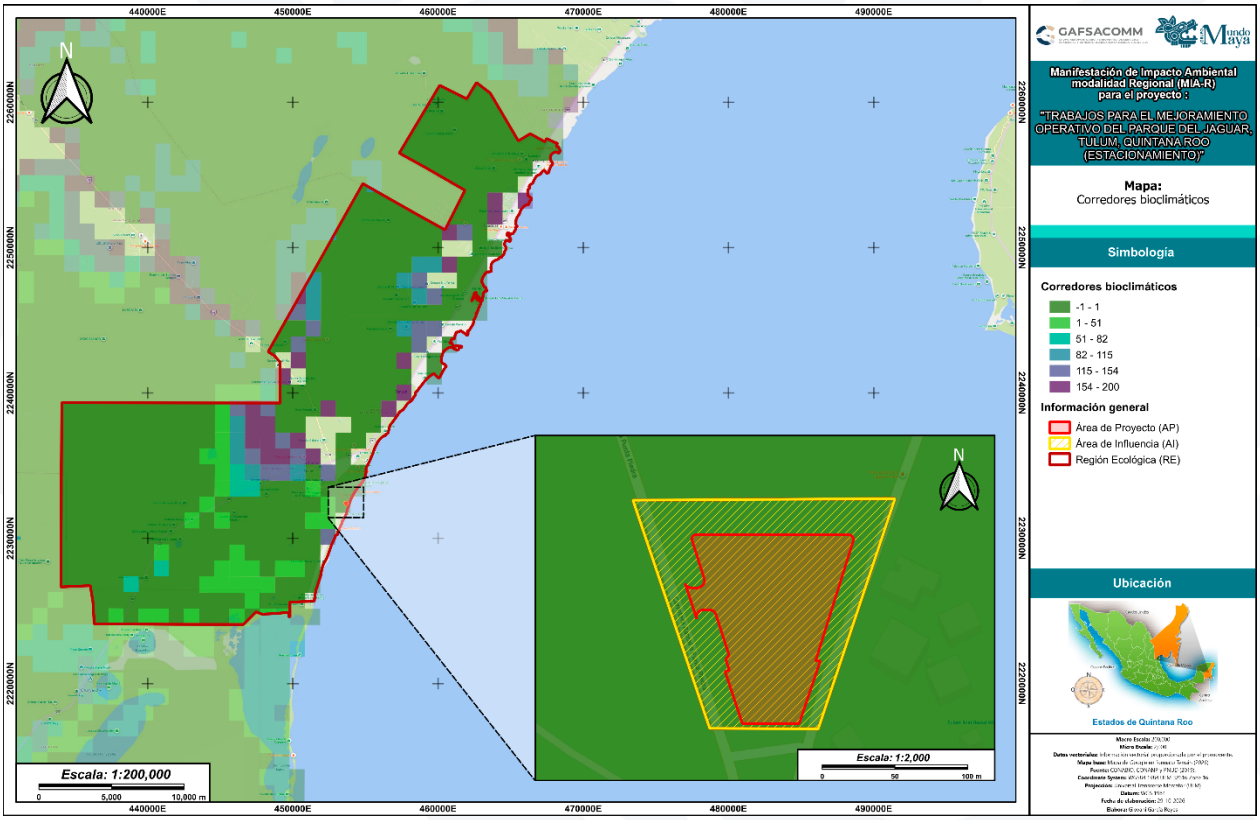



**Figura III.66. Incidencia de los corredores bioclimáticos dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.8.14. Sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad (SAP)

**Análisis de incidencia:** GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

**Vector de origen:** CONABIO, (2016). 'Sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad de México (2016)', escala: 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

La Región Ecológica (RE) incide dentro de sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad en tres niveles, importancia media, importancia alta e importancia extrema con una incidencia total de 176,248,238 $m^2$, específicamente en 72,632,380 $m^2$ en SAP de importancia alta, en 15,749,449 $m^2$ en SAP de importancia extrema y 87,866,409 $m^2$ en SAP de importancia media. En tanto, el AP se encuentra a 120 m de distancia de SAPs de importancia alta, a 165 m de SAPs de importancia extrema y a 8,263 m de SAPs de importancia media.

**Tabla III.100. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SAP conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.**

| Sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad (SAP) | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) |
| Importancia alta | ----- | 120 | 72,632,380 | ----- |
| Importancia extrema | ----- | 165 | 15,749,449 | ----- |
| Importancia media | ----- | 8,263 | 87,866,409 | ----- |

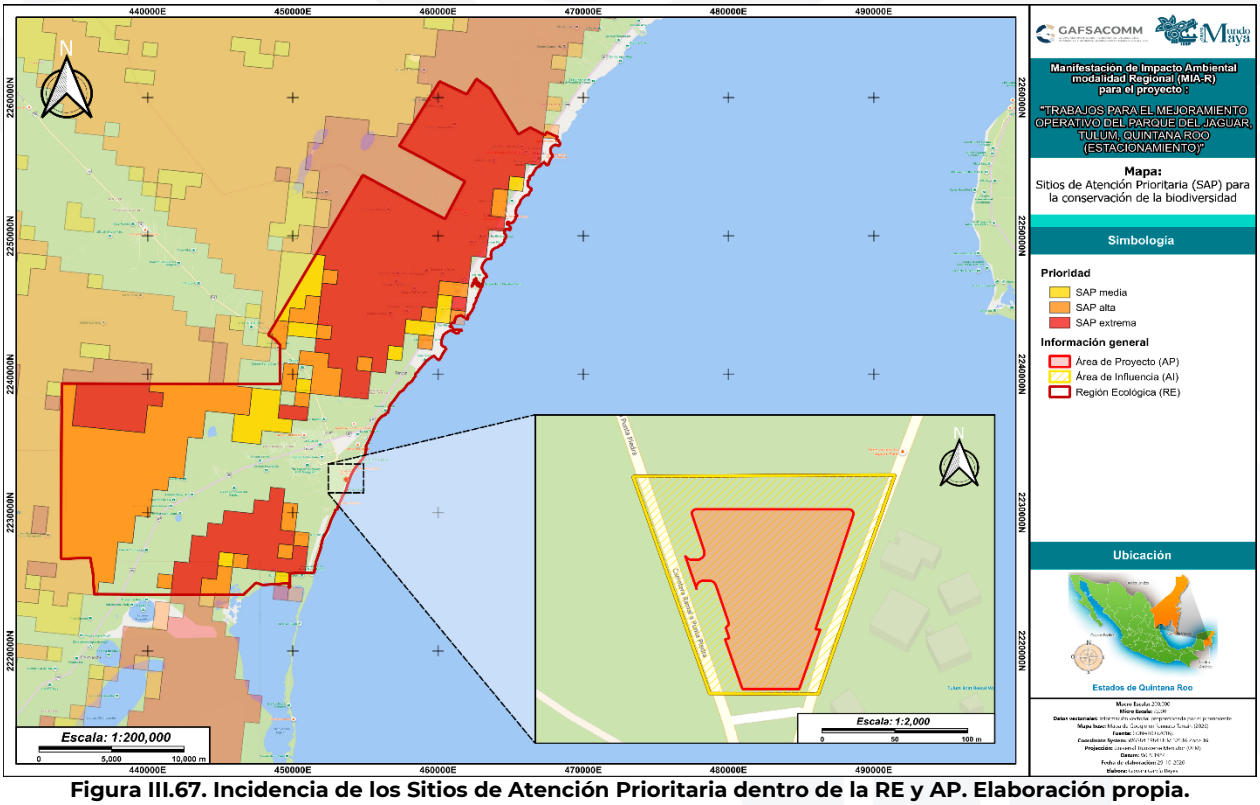



**Figura III.67. Incidencia de los Sitios de Atención Prioritaria dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.8.15. Sitios prioritarios acuáticos y epicontinentales para la conservación de la biodiversidad (SPEC)

**Análisis de incidencia:** GEOPORTAL CONABIO (2026)

http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

**Vector de origen:** CONABIO-CONANP, (2010). 'Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad de México (2010)', escala: 1:1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, D. F.

La Región Ecológica (RE) incide dentro de estos sitios, en una superficie de 54,159 $m^2$ en SPECs de prioridad extrema, mientras que se localiza a 5,288 m de SPECs de prioridad alta y a 7,143 m de SPECs de prioridad media. En el caso del AP, se localiza a 9,161 m de distancia de SPECs de prioridad extrema, a 14,097 m de SPECs de prioridad alta y a 22,222 m de SPECs de prioridad media.

**Tabla III.101. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SPEC conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.**

| Sitios prioritarios acuáticos y epicontinentales para la conservación de la biodiversidad (SPEC) | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) |
| Prioridad media | ----- | 22,222 | ----- | 7,143 |
| Prioridad alta | ----- | 14,097 | ----- | 5,288 |
| Prioridad extrema | ----- | 9,161 | 54,159 | ----- |

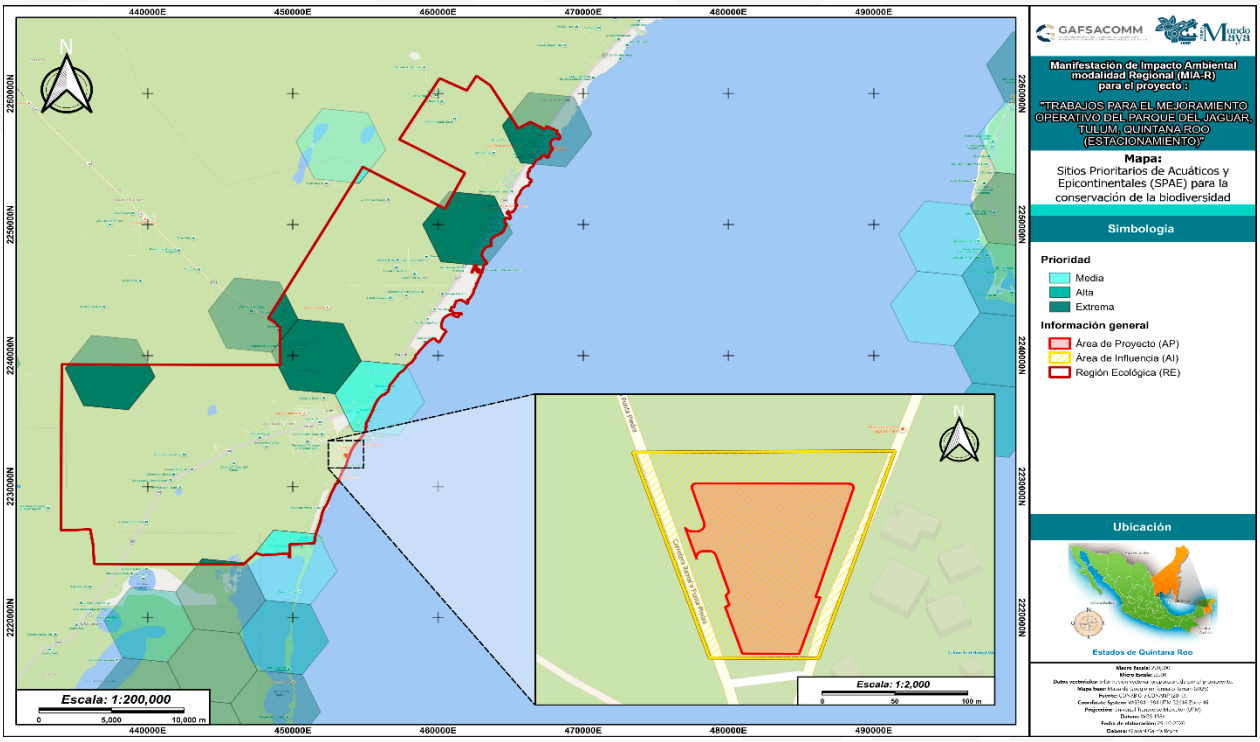



**Figura III.68. Incidencia de los Sitios Prioritarios Acuáticos y Epicontinentales dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.8.16. Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad (SPT)

**Análisis de incidencia:** GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

**Vector de origen:** CONABIO, CONANP, TNC, Pronatura, (2007). 'Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad de México (2007)', escala: 1:1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy - Programa México, Pronatura. México, D. F.

Dentro de la Región Ecológica (RE) se identificó una incidencia total en 114,549,228 $m^2$, específicamente en sitios de importancia alta, localizándose a 2,456 m de distancia de SPTs de prioridad media y a más de 10,000 m de prioridad extrema. En el caso del AP, este **NO incide** dentro de SPTs el más cercano se encuentra a una distancia de 3,857 m y corresponde a prioridad alta.

**Tabla III.102. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SPT conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.**

| Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad (SPT) | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) |
| Prioridad media | ----- | >10,000 | ----- | 2,456 |
| Prioridad alta | ----- | 3,857 | 114,549,228 | ----- |
| Prioridad extrema | ----- | >10,000 | ----- | >10,000 |

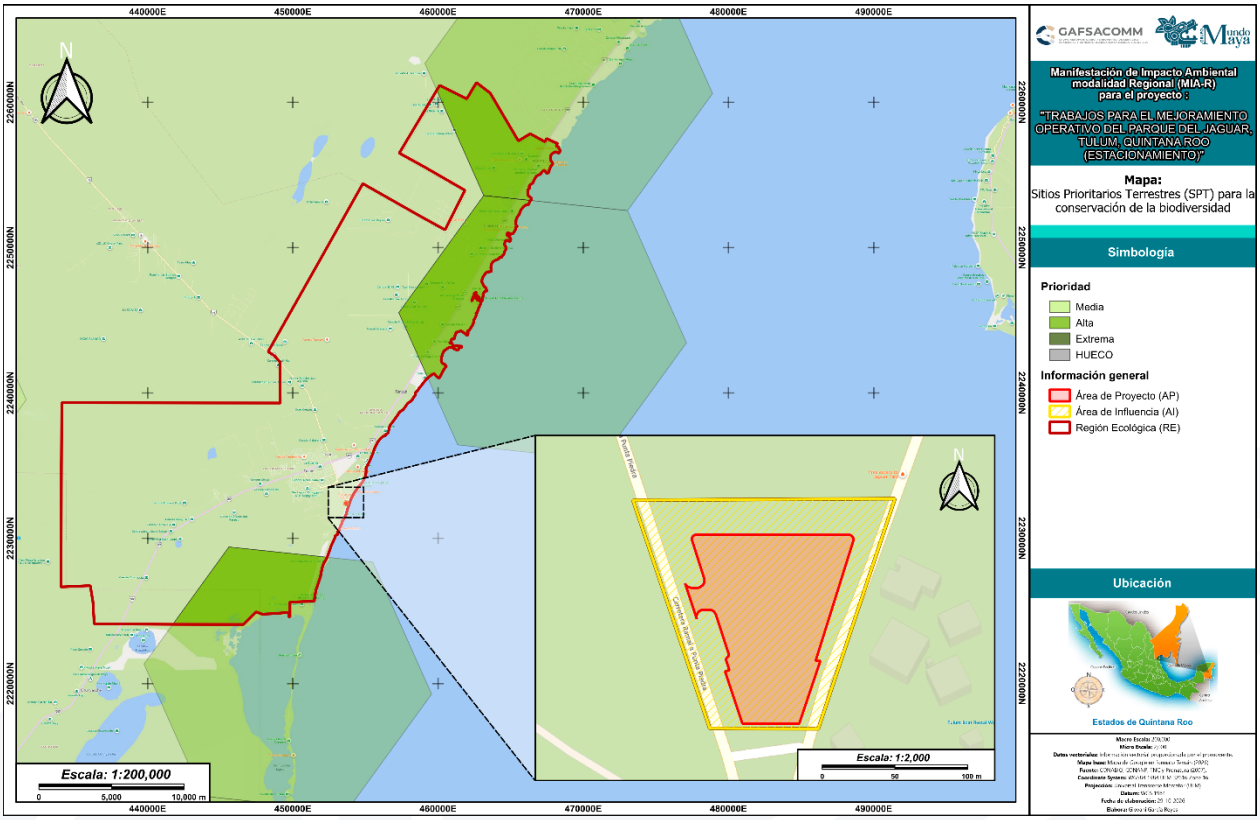



**Figura III.69. Incidencia de los Sitios Prioritarios Terrestres dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.8.17. Sitios prioritarios para la restauración (SPR)

**Análisis de incidencia:** GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

**Vector de origen:** CONABIO, (2016). 'Sitios prioritarios para la restauración de México (2016)', escala: 1:1 000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Dentro de la Región Ecológica (RE) se identificó una incidencia total en 21,044,062 $m^2$, de los cuales 3,825,157 $m^2$ incidieron en SPR de importancia alta, y 17,218,905 $m^2$ de importancia extrema, con una cercanía de 3,885 m de importancia media. En el caso del AP, se presentó una incidencia cercanía de 5,073 m de SPR de importancia alta y 1,855 de importancia extrema, así como una cercanía mayor a 10,000m en importancia media.

**Tabla III.103. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SPR conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.**

| Sitios prioritarios para la restauración (SPR) | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia (m²) | Cercanía (m) | Incidencia (m²) | Cercanía (m) |
| Importancia media | ----- | >10000 | ----- | 3,886 |
| Importancia alta | ----- | 5,073 | 3,825,157 | ----- |
| Importancia extrema | ----- | 1,855 | 17,218,905 | ----- |

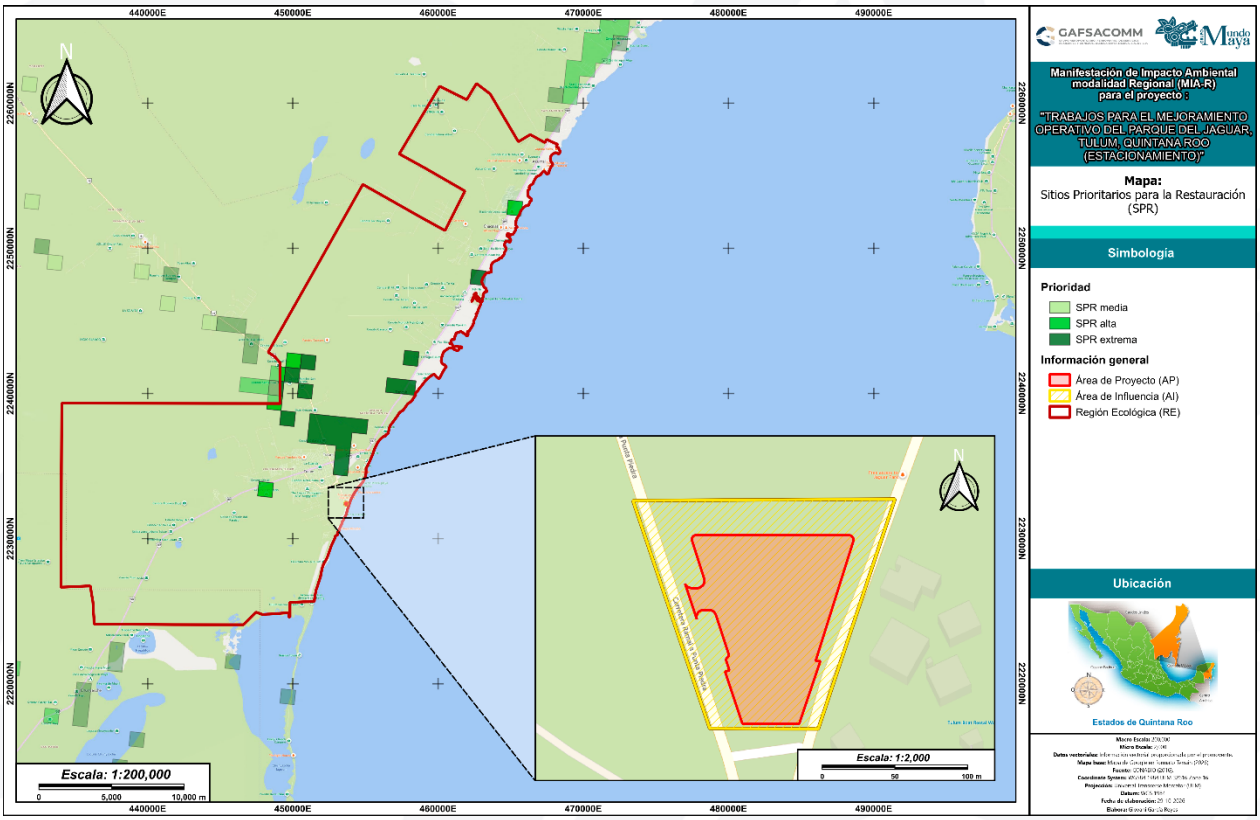



**Figura III.70. Incidencia de los Sitios Prioritarios para la Restauración dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.8.18. Sitios prioritarios marinos para la conservación de la biodiversidad en México (SPM)

**Análisis de incidencia:** GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

**Vector de origen:** CONABIO, CONANP, TNC, Pronatura, (2007). 'Sitios prioritarios marinos para la conservación de la biodiversidad de México (2007)', escala: 1:1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy - Programa México, Pronatura.

La Región Ecológica (RE) incide tanto en muy importante como en de extrema importancia con 178,674,193 m² y 14,543,200 m² respectivamente, dentro de SMP.

Mientras que AP se encuentra a 8,027 m de cercanía con el SPM muy importante y 2,741 m con la de extrema importancia.

**Tabla III.104. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SPM conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.**

| Sitios Prioritarios Marinos (SPM) | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia (m²) | Cercanía (m) | Incidencia (m²) | Cercanía (m) |
| Muy importante | ----- | 8,027 | 178,674,193 | ----- |
| Extrema importancia | ----- | 2,741 | 14,543,200 | ----- |

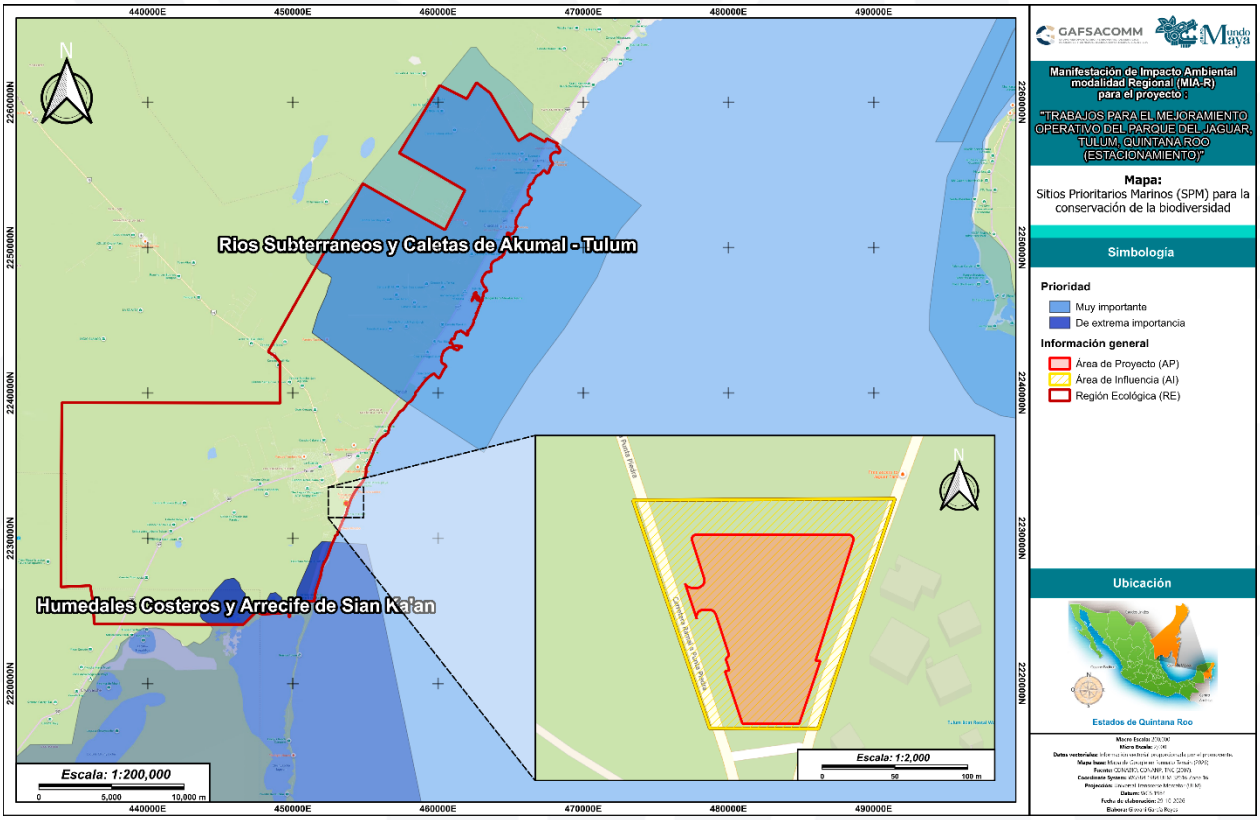



**Figura III.71. Incidencia de los Sitios Prioritarios Marinos dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.8.19. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica (SITP)

**Análisis de incidencia:** GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

**Vector de origen:** CONABIO, (2009). 'Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica', Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Proyecto: GQ004, México, D.F.

Tanto la Región Ecológica (RE) como el Área del Proyecto (AP) inciden dentro de SITP Sian Ka´an, con 127,332,924 m2 y 10,000 m2 respectivamente.

**Tabla III.105. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los SITP conforme al análisis vectorial de la CONABIO. Elaboración propia.**

| Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia (m²) | Cercanía (m) | Incidencia (m²) | Cercanía (m) |
| PY68. Progreso | 10,000 | ----- | 127,332,924 | ----- |

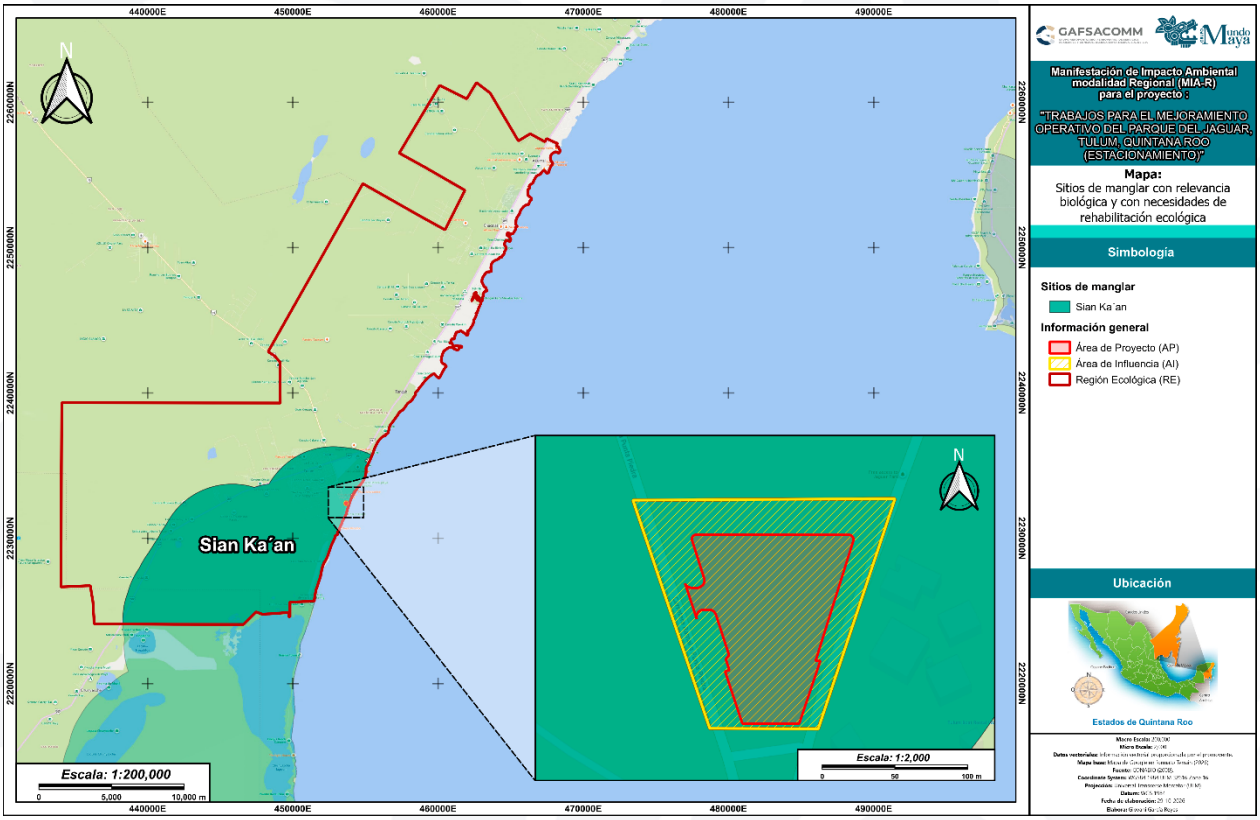



**Figura III.72. Incidencia de los Sitios de manglar de relevancia biológica dentro de la RE y AP. Elaboración propia.**

## III.8.20. Sitios prioritarios para la conservación de los primates (SPP)

**Análisis de incidencia:** GEOPORTAL CONABIO (2026) http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

**Vector de origen:** CONABIO - AMP, A.C. - CONANP, (2012).

La Región Ecológica (RE) incide dentro de los SPP, con una superficie total de 259376041.9203 m², mientras que AP no incide dentro del SPP, y tiene una cercanía con este de 1361.299m.

**Tabla III.88. Incidencias y cercanías de la RE y AP respecto a los *Sitios prioritarios para la conservación de los primates* conforme al análisis SIGEIA (2026).**

| Sitios prioritarios para la conservación de primates | Área de Proyecto (AP) | | Región Ecológica (RE) | |
|---|---|---|---|---|
| | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) | Incidencia ($m^2$) | Cercanía (m) |
| Sitios identificados | ----- | 1361.299 | 259376041.9203 | ----- |

## III.8.21. Conclusiones

Si bien el proyecto incide en algunas áreas de importancia ecológica conforme a la CONABIO en temas de regionalización ambiental y sitios prioritarios para la conservación y restauración, se manifiesta que dentro del capítulo IV se identifican los impactos ambientales que pudiera tener el proyecto y se indican las medidas de prevención, mitigación y compensación necesarias para no provocar un desequilibrio ecológico de la RE ni de las áreas colindantes. Bajo esa línea de ideas, se ha diseñado una serie de medidas de prevención, mitigación y compensación que enuncia los indicadores, así como los programas específicos para lograr este objetivo.

# III.9. MEDIO SOCIOECONÓMICO

## Municipio de Tulum

- **Población y Demografía**

Según los datos del Censo General de Población y Vivienda 2020, el municipio de Umán tiene una población total de 69,147 habitantes, de los cuales 34,422 son hombres y 34,725 mujeres.

Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron de 25 a 29 años (3,303 habitantes), 20 a 24 años (3,073 habitantes), 5 a 9 años (3,050) y 30 a 34 años (3,014 habitantes). Entre ellos concentraron el 18% de la población total (Data México, 2025).

**Tabla III.106. Demografía del Municipio de Tulum. Elaboración propia.**

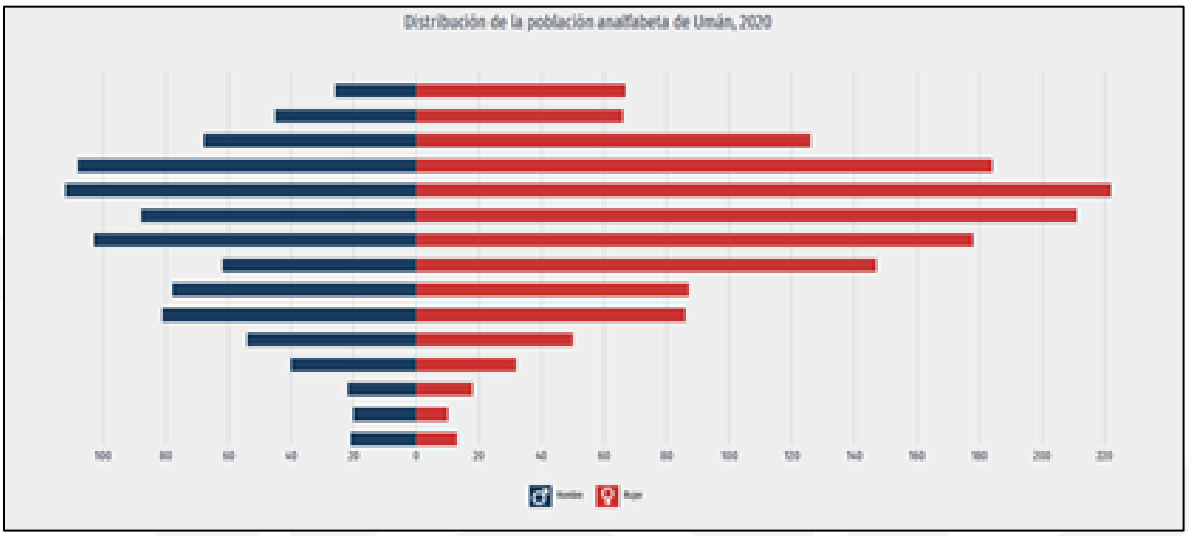
| INDICADOR | EN EL MUNICIPIO | EN LA ENTIDAD | PORCENTAJE (%) DE POBLACIÓN EN EL MUNICIPIO RESPECTO A LA ENTIDAD |
|---|---|---|---|
| Población (número de personas), 2020 | 69,147 | 2,320,898 | 2.98% |
| Población de mujeres | 34,725 | 1,140,279 | 3.05% |
| Población de hombres | 34,422 | 1,180,619 | 2.92% |
| Población con discapacidad | 3,536 | 129,986 | 2.72% |
| Población indígena | 25,386 | 983,257 | 2.58% |
| Población afromexicana | 928 | 69,599 | 1.33% |
| Población adulta mayor (65 años y más) | 4,060 | 202,262 | 2.01% |

- **Marginación y desarrollo social**

El municipio de Tulum tiene un grado de marginación **Medio**.

La tasa de analfabetismo de Umán en 2020 fue de 4.7% Del total de la población analfabeta, 38.3% correspondió a hombres y 61.7% a mujeres.

Se considera población analfabeta a la población de 15 años y más que no sabe leer ni escribir.




**Fuente:** *Data de México, 2020*.

- **Servicios de Salud**

En Tulum, las opciones de atención de salud más utilizadas en 2020 fueron IMSS (Seguro social) (38.1k), Centro de Salud u Hospital de la SSA (Seguro Popular) (11.1k) y Consultorio de farmacia (9.54k).

- **Características económicas**

Debido a que no se presenta información del municipio a continuación se mencionan los datos que corresponden a la entidad federativa de Yucatán.

La población ocupada de Yucatán en el tercer trimestre de 2024 fue de 1.23M personas, siendo superior en 1.44% al trimestre anterior (1.21M ocupados).

El salario promedio mensual en el tercer trimestre de 2024 fue de $7.39k MX siendo superior en $167 MX respecto al trimestre anterior ($7.22k MX).

En el tercer trimestre de 2024, la tasa de participación laboral de Yucatán fue de 65.8%, lo que implicó una disminución de 0.13 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior (65.9%).

La tasa de desocupación fue de 2.07% (25.9k personas), lo que implicó un aumento de 0.32 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior (1.75).


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

## III.10. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

En los apartados anteriores se describieron diferentes rasgos distintivos de la Región Ecológica (RE) del proyecto que permiten caracterizarlo y con ello, definir el contexto en el que se insertará el proyecto. A partir de esa caracterización se define a continuación, la situación actual y problemáticas de la RE sin proyecto:

- **Clima**

El tipo de clima con mayor superficie en la RE corresponde a Aw1(x') cálido subhúmedo con una incidencia del 69.20% en la superficie total seguido por el subtipo de clima Aw2(x') que también corresponde al grupo de los cálidos subhúmedos e incide en un 30.01%. Por otro lado, el AP no tiene una incidencia directa con el vector de tipos de clima, sin embargo, se considera que es 100% cálido subhúmedo de tipo Aw1(x') al ser el subtipo de clima más cercano al polígono del AP.

De acuerdo con los datos históricos de las normales climatológicas más actualizadas por la CONAGUA, para la RE, se registró únicamente una estación climatológica la cual corresponde a Tulum, donde se determina una temperatura promedio anual de 25.6°C, donde los meses más cálidos son julio y agosto, mientras que los que presentan una menor temperatura son los meses de diciembre y enero. La temporada de lluvias se presenta entre los meses de mayo a octubre, teniendo una precipitación acumulada normal de 1120.5 mm en para la estación analizada. El mes de octubre presenta la mayor cantidad de incidencia pluvial, con un valor de 204.2 mm. Por el contrario, el mes más seco es marzo, con un valor de 33 mm.

Con respecto a los riesgos climatológicos y eventos extremos, se determinó que el riesgo por sequía es considerado predominantemente MEDIO, mientras que el peligro por este evento es predominantemente MEDIO. Para el riesgo y peligro sobre bajas temperaturas (heladas) en general es MUY BAJO. Por parte de los ciclones tropicales, el riesgo y peligro es MUY ALTO en ambos escenarios. Para las tormentas eléctricas, el riesgo es MUY BAJO y el peligro es BAJO. Por último, respecto a la vulnerabilidad ante el cambio climático, el municipio de Tulum no presenta algún grado de priorización ante el cambio climático.

**DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO:** El clima como factor dentro de la RE ha sido promotor de los ecosistemas que actualmente se presentan, además de que estas mismas condiciones han promovido el establecimiento de las localidades humanas que actualmente se establen dentro de los núcleos poblacionales existentes. No obstante, a pesar de que actualmente los patrones climáticos pueden calificarse como estables, los riesgos y peligros que se identificaron son atenuados por la presencia tanto de los ecosistemas tropicales y templados, como por la presencia del océano.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

Es por eso por lo que, al mediano y largo plazo, se pudiera provocar un desequilibrio climático por las tasas de cambio de uso de suelo en las que se reemplazan los ecosistemas originales por asentamientos humanos, perdiendo su función reguladora del clima, haciendo más tangible los incrementos en la temperatura y cambios negativos en los ciclos hidrológicos, así como los efectos proyectores que ofrecen ante los fenómenos meteorológicos.

**Tendencia dentro de la RE:** Debido al cambio de uso de suelo, específicamente por la pérdida de los ecosistemas originales y áreas cercanas al mar, provocará que los patrones climatológicos actuales remarquen el incremento de la temperatura e irregularicen los ciclos hidrológicos, además de que los riesgos y peligros por eventos extremos presenten un mayor impacto.

**Tendencias por la ejecución del proyecto:** En el contexto de este proyecto, se trata de un estacionamiento que requerirá el desmonte de 1 ha de Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia (VSA/SMQ). No obstante, al implementarse medidas de prevención, mitigación y compensación como las acciones de rescate y reubicación de flora silvestre y la reforestación para compensar la superficie de vegetación afectada, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro de la RE sobre los patrones climáticos.**

- **Geología y geomorfología**

Tanto la Región Ecológica (RE) como el Área del Proyecto (AP) se encuentran inmersos completamente dentro de la Provincia Geológica Plataforma de Yucatán. En cuanto a las provincias y subprovincias fisiográficas, tanto la Región Ecológica (RE) como el Área del Proyecto (AP) se encuentran en su totalidad en la provincia fisiográfica Península de Yucatán, sin embargo, la RE a su vez se encuentra dentro de dos subprovincias fisiográficas correspondiendo a las de Costa Baja de Quintana Roo, en la que incide solamente en un 0.02%, mientras que en la subprovincia de Carso Yucateco incide en un 99.81%. En tanto al AP se resalta que incide en su totalidad dentro de la subprovincia denominada como Carso Yucateco. En la RE se identificó la incidencia de 3 topoformas: La llanura rocosa de piso rocoso o cementado es la que presenta una mayor superficie de incidencia con 88.16 % seguida de la Playa o barra de piso rocoso o cementado con 11.66% y con la Playa o barra inundable y salina en un 0.02%. En el caso del AP, sólo incide dentro de la topoforma Playa o barra de piso rocoso o cementado.

Respecto a los riesgos geológicos, se localiza 2 fractura dentro de la RE, además de que, por un lado, 16,955,517 m² (3.36%) presenta riesgo de hundimiento por subsidencias, mientras que 303,491 m² (0.06%) más presentan riesgo por hundimiento por colapso o asentamiento superficial del terreno.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

. Por otra parte, la susceptibilidad por deslizamiento de laderas es predominantemente BAJO en cuanto a riesgo y peligro se refiere. Para los eventos sísmicos, tanto el riesgo como el peligro son predominantemente MUY BAJO.

**DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO:** Si bien, a pesar de que la RE se ubica en su mayoría dentro de la topoforma de llanura rocosa de piso rocoso o cementado, los cambios de usos de suelo en la parte este donde se encuentran las llanuras son el principal factor de deterioro dentro de este componente debido al reemplazo de la vegetación por núcleos poblacionales y residencias. Además, esta RE incide en zonas de riesgo y peligro referente a hundimientos y subsidencias, apuntando a que podría generarse una afectación a la geología y geomorfología por este tipo de actividades.

**Tendencia dentro de la RE:** Se determinó que el riesgo los hundimientos y subsidencias están directamente relacionados con la naturaleza misma de la RE, pero los asentamientos humanos, la construcción de casas, edificios y otras infraestructuras sobre una superficie reducida son promotores del incremento de este tipo de accidentes geológicos. Por ello, al incrementar estos núcleos, al media y largo plazo los riesgos y peligros serán mayores.

**Tendencias por la ejecución del proyecto:** En el contexto de este proyecto, se trata de un estacionamiento que requerirá el desmonte de 1 ha de Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia (VSA/SMQ). No obstante, este no implicará un proceso adicional que incremente el riesgo y peligro que impera dentro de la RE, puesto que la mayor extensión del mismo se realizará sobre la llanura misma, además de que el estacionamiento no presentará un proceso de cimentación que pudiera cambiar las topoformas o geomorfología. Por ello, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro de la RE sobre los riesgos y peligros asociados a los hundimientos, colapsos y fracturamiento, ni afectará a las estructuras de esta naturaleza.**

- **Suelo**

En la RE se encuentran presentes 14 unidades edafológicas, donde predomina el Phaeozem de textura media con clave PHlep-lv+LPli-hu+CMlen/2 con un 26.58 %, seguido del Leptosol de textura media con clave LPrz-hu2P con un 21.76 %, y el Leptosol de textura media y clave LPrz-hu+LVlen-cr+PHrz/2 con un 19.18 %. Las claves edafológicas restantes representan menos del 12% cada una. En el caso del AP, este sólo incide dentro del tipo Arenosol de textura gruesa y clave ARso-ca/1, representando así el 100 % de incidencia. Dentro de la RE se determinó que el grado de degradación del suelo va de **LIGERO** a **EXTREMO**, en donde predomina la degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica en grado **LIGERO** debido a actividades agrícolas, con una incidencia con el 23.37% sobre la superficie total, mientras que la menor incidencia se presenta en grado **EXTREMO** por degradación física por pérdida de la función productiva causada por urbanización en un 4.33% de la superficie. Así mismo la degradación química por declinación de la


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica causada por deforestación y remoción de la vegetación solamente incide en un 0.002% por lo que se considera de bajo impacto en el presente estudio. Así mismo se resalta que el AP no tiene incidencia con algún tipo de degradación.

Dentro de la RE se determinaron 4 tipos de erosión, de los cuales los asentamientos humanos son los que mayor incidencia tienen al ocupar un 2.64%, seguidos por la erosión hídrica laminar leve (HL1) que incide en un 0.28%, luego por las zonas urbanas (ZU) en un 0.16% y finalmente por la erosión antrópica (A) en un 0.13%. En tanto al porcentaje restante, se resalta que el 96.46% no cuenta con erosión evidente (SE) y el 0.33% restante pertenece a cuerpos de agua. Por otro lado, dentro del Área del Proyecto (AP) se observó que la totalidad de su superficie no cuenta con algún tipo de erosión evidente (SE).

**DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO:** Con base en lo anterior, se destaca que dentro de la Región Ecológico aún no se han llevado a cabo grandes cambios de ni afectación al componente edafológico puesto que se reconoce que más del 90 % de su superficie conserva en buen estado su suelo. No obstante, este proceso de deterioro puede incrementarse al mediano y largo plazo, a pesar de que esta Laguna se encuentre regulada por los ordenamientos locales vigentes.

**Tendencia dentro de la RE:** Estos resultados nos indican que dentro de esta RE presenta un porcentaje de deterioro bajo respecto a este componente, pero con tendencias a reducir su calidad. Sin embargo, sin una asertiva aplicación de los instrumentos de regulación en donde se restrinjan los asentamientos humanos, en un mediano y largo plazo los suelos de esta RE pudieran quedar desnudos o ser sometidos a procesos que provoquen la pérdida de la cobertura orgánica y cambio de su estructura, resultando en una degradación y erosión más grave.

**Tendencias por la ejecución del proyecto:** En el contexto de este proyecto, se trata de un estacionamiento que requerirá el desmonte de 1 ha de Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia (VSA/SMQ). No obstante, se implementarán medidas de prevención, mitigación y compensación enfocadas en la protección del suelo como una buena disposición y manejo de los residuos y maquinaria, así como la recuperación del mismo a través de la compensación ambiental a través de la reforestación sobre 1 ha en un sitio con suelo desprotegido y degradado. Por ello, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro de la RE sobre los procesos de degradación y erosión del suelo.**

- **Agua**

La RE incide dentro de la Región-Hidrológica Administrativa XII Península de Yucatán, en las regiones hidrológicas N° 32 Yucatán Norte y N° 33 Yucatán Este, en las cuencas de Quintana Roo y Cuencas Cerradas, las subcuencas Quintana Roo y L. Chunyaxché y varias.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

En cambio, el AP incide dentro de la Región-Hidrológica Administrativa XII Península de Yucatán, en la región hidrológica N° 32 Yucatán Norte, en la cuenca Quintana Roo y la subcuenca Quintana Roo.

Asimismo se resalta que la RE tiene incidencia con 3 microcuencas, de las cuales la denominada como Tulum es la que mayor incidencia tiene al abarcar un 47.48% de la superficie, seguida por Ciudad Chumuyil con un 28.36% de incidencia y por Chumpon con el 23.17% restante. En tanto al AP este solamente incide en la microcuenca denominada como Tulum.

Dentro de la RE, se presentan 6 cuerpos de agua superficiales de 3 diferentes tipos que representan juntos un 0.74% de la superficie total de la RE, siendo 4 cuerpos de agua permanentes, 1 zona sujeta a inundación y un arrecife y bajos. En tanto, el AP no incide sobre cuerpos de agua superficiales. Dentro de la RE se distribuyen 17 corrientes de aguas superficiales que corresponden a 3 acueductos subterráneos, 4 límites costeros de océanos y mares, 3 límites de terrenos sujetos a inundación y 7 límites de lagos, lagunas y presas permanentes. En tanto, dentro del AP no se incide sobre corrientes de agua superficiales.

El grado de riesgo por inundación (entendido como la probabilidad de que ocurra este evento extremo) es predominantemente ALTO, mientras que el grado de peligro (en caso de presentarse, qué tan severo es) de inundaciones en caso de presentarse también es ALTO. Se determinó que el semáforo de contaminación es VERDE, lo que nos señala que el agua superficial no se encuentra contaminada, mientras que el agua subterránea también se considera con semáforo AMARILLA, es decir, no contaminada.

**DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO:** Fue tangible que, dentro de la dinámica hidrológica dentro de la RE, existe un riesgo y peligro tangible por inundaciones, en donde los ecosistemas originales y el desemboque de la laguna fungen como los principales puntos de sumidero para su infiltración. Asimismo, han sido fundamentales para mantener en buena calidad el agua superficial y subterránea. No obstante, el cambio de uso de suelo para el establecimiento de asentamientos humanos son promotores para interrumpir los patrones de infiltración e incrementar de manera desfavorable los parámetros que indican contaminación.

**Tendencia dentro de la RE:** Con base en los análisis expuestos, la RE es una zona con riesgo y peligro de inundación, derivado de los ciclos hidrológicos y la naturaleza plana de este sistema, por lo que las asociaciones vegetales como infiltradoras del agua son fundamentales para disminuir los daños provocados por las mismas. Por ello, el aumento del cambio de uso de suelo para establecimiento de núcleos urbanos promoverá el aumento y peligrosidad de las inundaciones. Asimismo, si en la actualidad se considera como relativamente buena la calidad del agua, el aumento de las aguas sanitarias, industriales y contaminadas por agroquímicos se podrían convertir en promotores de un aumento de la contaminación y pérdida de la calidad del agua.


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

**Tendencias por la ejecución del proyecto:** En el contexto de este proyecto, se trata de un estacionamiento que requerirá el desmonte de 1 ha de Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia (VSA/SMQ). Por ello, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro de la RE sobre la contaminación del agua superficial ni subterránea ya, así como en los patrones del flujo del agua e inundaciones** puesto que se implementarán medidas específicas como el correcto manejo de los residuos y disposición de las aguas sanitarias en sitios autorizados.

- **Aire**

Para el propósito de este estudio se analizaron los datos de dirección del viento en 4 sectores de dirección y clases de velocidad del viento para una localidad y un periodo de tiempo dado. Para ello, se utilizó la información empleada por las estaciones del Sistema Meteorológico Nacional **"Tulum"** dentro del estado de Quintana Roo, con datos recopilados por medio de meteoblue con datos recopilados de 30 años. Por ello, se determinó que, en el registro de 30 años**,** se presenta una tendencia general de dirección de los vientos en la estación de Tulum, donde la dirección del viento es predominante del este y este-sureste hacia el oeste y oeste-noroeste en aproximadamente entre los 90° y 112° con una velocidad de 10-20 km y 20-30 km.

Conforme al Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Quintana Roo PROAIRE 2019-2028 del municipio de Tulum, dentro de su inventario de emisiones se indica que para este Estado se emiten los siguientes contaminantes al año, cabe mencionar que los datos proporcionados a continuación se expresan en toneladas/año. De ese modo, se corrobora que el municipio de Tulum es el que genera la menor cantidad de contaminantes en el estado de Quintana Roo y resaltan los altos niveles de COV y CO dada la alta conservación de la vegetación en este municipio.

**DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO:** En el caso de este componente, la velocidad de los vientos se encuentra asociada a procesos de deterioro dentro de la RE puesto que estos son MODERADAMENTE LENTO. Dentro del municipio los contaminantes de tipo COV y CO son los que aportan la mayor carga contaminante, en gran medida producidos por el sector azucarero en donde se quema el bagazo de la caña de azúcar para producir energía eléctrica

**Tendencia dentro de la RE:** La contaminación del aire no es un problema que actualmente sea de relevancia puesto que la concentración de los contaminantes no ha generado una problemática a la salud y los ecosistemas. No obstante, la pérdida de cobertura vegetal que funge como sumidero y captura de los contaminantes, por lo que la tendencia al mediano y largo plazo del cambio de uso de suelo podría acelerar la concentración de estos contaminantes, además de que el establecimiento de más


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

núcleos urbanos e industrias aportarían una mayor liberación de estos mismos a la atmósfera.

**Tendencias por la ejecución del proyecto:** En el marco de este proyecto se emplearán fuentes móviles que tendrán un correcto mantenimiento y revisión previo a su operación, además de que funcionarán bajo los límites permisibles que establece la normatividad vigente, esto como medida de prevención de la liberación de contaminantes. Por ello, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro de la RE sobre la contaminación de la atmósfera.**

- **Flora y vegetación**

Dentro de la RE, el tipo de uso con mayor superficie es el Ecológico-Florístico-Fisonómico con un 94.64 %, seguido de la Complementaria con un 4.60 %, y tipo de Agrícola-Pecuaria-Forestal con un 0.47 %. Para los Usos y tipos de vegetación, la Selva Mediana Subperennifolia (SMQ) ocupó el 54.22 %, seguida de la Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) con un 23.76 %. Para el caso del AP, el tipo de uso con mayor superficie es el **Ecológico-Florístico-Fisonómico** en un 100.00 % dentro de los 10,000 $m^2$ que abarca el Área del Proyecto (AP). En ese sentido, el único tipo de uso de suelo fue la **Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia (VSA/SMQ).** Este mismo tipo de vegetación será solicitado para Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) ante la Dirección General de Gestión Forestal, Suelos y Ordenamiento Ecológico (DGGFSOE).

Dentro de la flora potencial registrada en la Región Ecológica, se registraron un total de 706 especies distribuidas en 112 familias y 415 géneros, resultando en 37 especies exóticas, 15 especies exóticas-invasoras y 654 nativas, de las cuales 32 son endémicas. Así mismo, de acuerdo con los criterios que establecen organismos internacionales como Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), así como la NOM-059 a nivel nacional, que múltiples especies se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo. De ese modo, se categorizaron un total de 37 especies en apéndices CITES, todas incluidas dentro del apéndice II. Por otro lado, en la categorización por parte del IUCN se registraron un total de 335 especies distribuidas en 6 diferentes categorías de riesgo conforme este organismo, de modo en que 5 especies no cuentan con los datos suficientes DD, 315 especies se encuentran bajo Preocupación menor (LC), 6 como Vulnerables (VU), 5 especies casi amenazadas (NT) a *Bakeridesia yucatana, Esenbeckia berlandieri* y *Ziziphus yucatanensis* como especies en Peligro (EN) y a *Guettarda elliptica* como especie en Peligro Crítico (CR).

Finalmente, para las especies categorizadas en alguna situación de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación en su Anexo Normativo


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

III (2019), se encontraron 14 especies en alguna categoría de riesgo conforme a este organismo, siendo que 3 de ellas se encuentran sujetas a protección especial (Pr) y las 11 restantes como especies amenazadas (A).

Con base en los muestreos en campo, en el área de AP se registraron 42 especies que pertenecen a 41 géneros y 29 familias, mientras que en la RE se registró un total de 62 especies clasificados en 58 géneros y 43 familias. Como se observa en dicha figura la mayor diversidad florística la presentó la RE.

En el estrato arbóreo, la RE alberga 40 especies, mientras que el área de AP presenta 29 especies, lo que indica una mayor diversidad en la RE. Esta diferencia puede atribuirse a la fragmentación del hábitat causada por actividades antropogénicas (ganadería y agricultura e infraestructura) además de los fenómenos naturales (tormentas tropicales y huracanes) los cuales inciden y dan como resultado cambios importantes en la estructura del ecosistema, lo que a su vez puede estar relacionado con la abundancia de diversas especies en el área (Whigham et al., 2003).

En el estrato arbustivo, la RE registró 12 especies en contraste con las 6 del área de AP. Esto está influido principalmente por la diversidad arbórea la cual exhibe una dominancia absoluta sobre los demás estratos, en términos de la estructura horizontal y vertical de la vegetación de SMQ, así mismo está determinado por la disposición de nutrientes y luminosidad.

Las epífitas o enredaderas en la RE registraron 3 especies, mientras que el AP mostró 2 especies. Este grupo es especialmente susceptible a los cambios en la cobertura forestal, que inciden en su riqueza y abundancia (Cervantes *et al*., 2005).

En el estrato de palmas se registraron siete especies en la RE, mientras que en el AP únicamente se registraron cinco. Las palmas se consideran productos forestales no maderables y son utilizadas por las comunidades locales como material de construcción y para la elaboración de artesanías, por lo que su aprovechamiento podría influir en su abundancia y distribución (Martínez-Ballesté et al., 2008).

En la RE se registraron tres especies amenazadas (A) y una sujeta a protección especial (Pr), Así mismo en el AP se registraron todas las especies que se registraron en la RE bajo alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Mientras que potencialmente dentro de las superficies de interés se pueden registrar 14 especies listadas en la NOM-059 once de ellas listadas en la categoría de Amenazadas y solo tres en Sujetas a Protección Especial.

**DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO:** El cambio de uso de suelo y la contaminación de la laguna de Bacalar son uno de los principales motores de deterioro en donde los ecosistemas originales que albergan a la flora y vegetación. En ese sentido, dentro de la RE los ecosistemas originales aún no han sido sustancialmente modificados, sólo mostrando un reemplazo sobre aquellos originalmente establecidos en la litoral de la Laguna.

**Tendencia dentro de la RE:** El cambio de uso de suelo y la contaminación son uno de los principales motores de deterioro en donde los ecosistemas originales que albergan a la flora y vegetación dentro de la RE. En ese sentido, dentro de la RE, aun prevalecen las selvas, manglares y tulares originales, principalmente aquellos que se encuentran inmersos tierra dentro de la Península de Yucatán.

**Tendencias por la ejecución del proyecto:** En el contexto de este proyecto, se trata de un estacionamiento que requerirá el desmonte de 1 ha de Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia (VSA/SMQ). No obstante, se reconoce que la ejecución del proyecto pudiera provocar una afectación a la vegetación aledaña si no se implementan medidas de prevención y mitigación, las cuales serán ejecutadas de manera cabal, como son las acciones de rescate y reubicación de flora silvestre, así como las actividades de reforestación en 1 ha con la finalidad de compensar la superficie de vegetación afectada. Por ello, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro de la RE a la pérdida de cobertura vegetal, de la riqueza y abundancia de flora.**

- **Fauna**

Dentro de la fauna potencial, se registraron un total de 577 especies distribuidas en 343 géneros, 119 familias y en 4 grupos faunísticos, resultando en 6 especies exóticas-invasoras (1.04%), 1 especies exóticas (0.17%) y 570 nativas (98.79%), de las cuales 9 son endémicas (1.56%), 15 cuasiendémicas (2.60%) y 2 semiendémicas (0.35%).

Del total de especies de fauna registradas en la Región Ecológica, 410 de ellas (equivalente al 71.06%) pertenecen al grupo de las aves, convirtiéndolo por mucho en el grupo faunístico con mayor diversidad en el área. Por otro lado, los reptiles (Reptilia) son el segundo grupo con mayor riqueza potencial registrada en la RE ya que cuentan con 81 spp. que equivalen al 14.04% de la diversidad total. Así mismo los mamíferos (Mammalia) son el siguiente grupo inmediato en cuanto a riqueza, al registrar a 72 especies (12.48%), denotando la diferencia que existe en la riqueza si se le compara con el grupo de las aves. Por último, el grupo de los anfibios (Amphibia), cuenta solamente con 14 especies registradas, equivalentes al 2.43% de las especies totales. Es observable que tal como en el caso anterior de la abundancia, los grupos siguieron un patrón jerárquico similar en cuanto al orden de mayores y menores registros respecto a cada componente.

Gran parte de las de las especies cuentan con alguna categoría de riesgo de acuerdo con los criterios que establecen organismos como CITES, IUCN y la NOM-059 a nivel nacional. Es con base en esto que se encontró que un total de 95 especies se encuentran categorizadas en los apéndices CITES, de tal modo que 16 especies se encuentran dentro en apéndice III, 72 en el apéndice II y solamente 7 en el apéndice I,


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

correspondiendo a Alouatta villosa, Caretta caretta, Chelonia mydas, Falco peregrinus, Leopardus pardalis, Leopardus pardalis pardalis y Leopardus wiedii.

Dentro de IUCN se registraron un total de 548 especies dentro de alguna de las 4 categorías de riesgo encontradas de acuerdo con este organismo, de modo en que 513 de las spp. se encuentran bajo Preocupación menor (LC), 20 como especies casi amenazadas (NT), 11 son especies vulnerables (V), y a Alouatta villosa, Ateles geoffroyi, Ateles geoffroyi vellerosus y Chelonia mydas como especies en Peligro (EN).

Finalmente, de las 124 especies categorizadas en alguna situación de riesgo de acuerdo con la NOM-059-2010 y su modificación en su anexo normativo III (2019), 73 de ellas (12.65%) se encuentran sujetas a Protección especial (Pr), 33 (5.72%) se encuentran como Amenazadas (A) y 18 especies (3.12%) se categorizan como especies en Peligro de extinción (P).

Para el caso de anfibios se registraron 3 especies de anuros (Anura) y 2 especies de caudados (Caudata) distribuidos en solamente una categoría de riesgo, de manera en que todos estos anfibios se encuentran sujetos a protección especial (Pr).

En el caso de las aves se identificaron de manera potencial a 70 especies bajo NOM-059 y siendo el grupo más diverso dentro de la RE, se distribuyeron ampliamente dentro de 3 categorías de riesgo de acuerdo con este organismo, de modo en que 43 especies se encuentran sujetas a protección especial (Pr), 20 como amenazadas (A) y 7 especies en peligro de extinción (P).

En cuanto al grupo de los mamíferos, se registraron a 15 especies en 3 diferentes categorías de riesgo conforme a la NOM-059, de modo en que se registraron 2 especies Sujetas a Protección Especial (Pr), 4 especies Amenazadas (A) y 9 taxones en peligro de extinción (P).

Finalmente, para los reptiles se encontraron 34 especies en tres categorías de riesgo de acuerdo con la NOM-059, siendo que 23 especies se encuentran sujetas a protección especial (Pr), mientras que las 9 especies restantes están categorizadas como amenazadas (A) y solamente 2 se categorizan como especies en Peligro de Extinción (P). A continuación, se muestran las especies de reptiles incluidas en la NOM-059-2010 y la modificación a su anexo normativo III (2019).

Con base en los muestreos en campo, se obtuvo que la composición faunística en la RE está integrada por 62 especies con una abundancia de 623 individuos, mientras que para la superficie sujeta a AP se registró un total de 43 especies con una abundancia de 272 individuos.

De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su Modificación al Anexo Normativo III (14 de noviembre de 2019) se registraron un total de 7 especies en alguna categoría de riesgo, de las cuales solo 6 fueron registradas para el AP, para los reptiles fueron 2 especies tanto para la RE como para el AP dentro de la categoría de Amenazadas correspondiendo a *Ctenosaura similis* y *Leptophis mexicanus,* para el

grupo de las aves se registraron 5 especies para la RE correspondiendo a *Amazona xantholora* en categoría de Amenazada, *Cathartes burrovianus, Dendrocincla anabatina, Eupsittula nana y Melanoptila glabrirostris,* mientras tanto para este grupo faunístico se registraron las mimas especies que en la RE exceptuando *Eupsittula nana*.

**DIAGNÓSTICO y PROCESO DE DETERIORO:** Para la fauna, es de notar que este componente biótico está estrechamente relacionado con la flora y vegetación presente dentro de la RE. En ese sentido, los procesos de pérdida de cobertura vegetal y cambio de uso de suelo influyen directamente en la calidad de hábitat que tienen los animales para permanecer dentro del ecosistema. Por ello, uno de los principales procesos de deterioro es el cambio de uso de suelo para industria o asentamientos humanos, pues se reemplaza a la vegetación por áreas que no cuentan con la calidad ecosistémica para que esta pueda permanecer, así como el cambio en las propiedades físico-químicas del agua que alteran sustancialmente a las formas de vida acuática, pues allí también habita una gran riqueza de especies que dependen del agua.

**Tendencia dentro de la RE:** Aparentemente, la pérdida de hábitats y contaminación de los cuerpos de agua son los que promueven una afectación directamente a la fauna es un problema muy extendido dentro de las áreas que abarca la RE puesto que el crecimiento exponencial de las zonas urbanas incrementa esta problemática. Por ello, al largo plazo, por el cambio de uso de suelo para el establecimiento de núcleos industriales o humanos podrían cambiar este panorama, en donde la fauna pudiera presentar una mayor presión para sobrevivir, intentando alcanzar otros sitios con mejor calidad ecosistémica, disminuyendo la riqueza y biodiversidad de animales dentro de la RE.

**Tendencias por la ejecución del proyecto:** En el contexto de este proyecto, se trata de un estacionamiento que requerirá el desmonte de 1 ha de Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subperennifolia (VSA/SMQ). No obstante, se reconoce que la ejecución del proyecto pudiera provocar una afectación si no se implementan medidas de prevención y mitigación que en este caso la ejecución de acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación que serán la medida principal para no provocar un desequilibrio ecológico en el componente fauna. Por ello, **la ejecución de este proyecto no incrementará la problemática y tendencia dentro de la RE a la pérdida de riqueza y abundancia de fauna, así como sus patrones de desplazamiento.**


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

## IIII. CONCLUSIONES

A través del diagnóstico dentro de la Región Ecológica (RE) delimitada para el presente proyecto, se determinó que si bien existen factores que ejercen presión y propician cambios dentro de los componentes **clima, geología y geomorfología, suelo, agua, aire y biodiversidad, así como paisaje y calidad ecosistémica,** la ejecución de esta plataforma integral de carga, si bien durante sus etapas es posible la generación de diferentes impactos, se han diseñado medidas de prevención, mitigación y compensación con la finalidad de no provocar un desequilibrio ecológico dentro de la RE. Esta información puede consultarse con mayor detalle dentro del Capítulo IV de esta Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional (MIA-R).

## III.12. BIBLIOGRAFÍA

**(A)**

Aguilar-Velázquez, Mirurgia. (2022). Estimación del riesgo por hundimientos en terrenos cársicos. Contexto universitario en función del desarrollo local. Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina, 10(3), http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322022000300028&lng=pt&tlng=es.

Alanís R., E., A. Mora O. y J. S. Marroquín de la F. 2020. Muestreo Ecológico de la Vegetación. https://www.researchgate.net/publication/343137042_Muestreo_Ecologico_de_la_vegetacion

Álvarez T., Álvarez-Castañeda S.T., López-Vidal J.C. 1994. Claves para Murciélagos mexicanos. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN. México. 69p.

AmphibiaWeb. 2022. University of California, Berkeley, CA, USA. Accessed 20 Jul 2022. Sitio Web: https://amphibiaweb.org.

American Ornithological Society. Checklist of nort and Middle American Birds. Revisado en agosto de 2022. https://checklist.americanornithology.org/taxa/

Aranda, Marcelo, Botello, Francisco, & López-de Buen, Lorena. (2012). Diversidad y datos reproductivos de mamíferos medianos y grandes en el bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. Revista mexicana de biodiversidad, 83(3), 778-784

Aranda Sánchez, M.J., 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. 1ª Ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México 260p.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

Atlas de Riesgos del Estado de Yucatán y Quintana Roo. (s. f.). https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463842767

Armstead, J., Ayala-Varela, F., Torres-Carvajal, O., Mason, R. y Poe, S. (2017). Systematics and ecology of Anolis biporcatus (Squamata: Iguanidae). Salamandra, 53(2): Pp. 285-293.

**(C)**

Casas Andreu G. 1979. Anfibios y reptiles de México: Claves ilustradas para su identificación. 1ra Edición. Limusa. 87p.

Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales, R. Medellín e Y. Domínguez-Castellanos. 2005. Lista actualizada de los mamíferos de México. Revista Mexicana de Mastozoología 9:21-71.

Ceballos G., I. Salazar, R. List Sánchez, J. Rodríguez y G. Santos. 2006. Vertebrados terrestres. In: H. Cotler, M. Mazari y J, de Anda. Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala: construyendo una visión conjunta. Instituto Nacional de Ecología. México.

Ceballos G., 2009. Los Mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura económica de España. México. 986p.

Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). 2010. Duno de Stefano, R., Carnevali Fernández-Concha, G., Ramírez Morillo, I. M., Tapia Muñoz, J. L., Can Itzá, L. L., Hernández-Aguilar, S. y Embray, T. (2010 en adelante). Flora de la Península de Yucatán. cicy.mx/sitios/flora%20digital/.

Centro Nacional de Prevención de Desastres. 2015. Sistema Nacional de Información sobre riesgos. Capa de riesgo y peligro de presencia de ciclones tropicales. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html.

Centro Nacional de Prevención de Desastres. Sistema Nacional de Información sobre riesgos. Capa de riesgo de presencia de inundaciones. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html.

- Centro Nacional de Prevención de Desastres. 2020. Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas 2020. Atlas Nacional de Riesgos. México.

CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). 2024. Indicadores Municipales de Peligro, Exposición y Vulnerabilidad (Marco Geoestadístico 2020). Atlas Nacional de Riesgo. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/indicadores-municipales.html.

Chaves-Acuña, W. y Salas-Solano, D. (2024). Notes on feeding and mating behavior of Anolis biporcatus (Squamata: Dactyloidae) in Costa Rica. Phyllomedusa, 23(1): Pp. 87-92.

Chavez-Lugo, E., Pech-Canché, J., Canseco-Márquez, L. y Lucas-Cobos, L. (2015). Registro de Coleonyx elegans en el norte de Veracruz, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 86(4): Pp. 1103-1106.

CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). 2024. Apéndices de la CITES. https://cites.org/esp/app/index.php.

COLPOS (Colegio de Postgraduados). 2007. Evaluación Externa en materia de Diseño del Programa Nacional de Microcuencas (PNM). https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2018/10/09/1457/09102018-microcuencas-2007.pdf.

CONABIO-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2009), Corredores biológicos, consultado el 10 de septiembre de 2025, disponible en: https://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/corredoresbio.html.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2007. Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación de la Biodiversidad. http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/spt1mgw.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2016. Sitios Prioritarios para la Restauración. http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/spr_gw.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2024. Cuerpos de agua. Biodiversidad mexicana. https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/simoh-mx/cuerpos-de-agua.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2024. Enciclovida. https://enciclovida.mx/.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2024. Portal de Información Geoespacial. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2024. Sistema de Monitoreo de Humedales en México (SIMOH-Mx). https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/simoh-mx.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2024. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México. https://www.snib.mx/.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2024. Indicadores de Calidad del Agua. https://www.gob.mx/conagua/articulos/indicadores-de-calidad-del-agua.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2024. Sistema Meteorológico Nacional (SMN): Estaciones Meteorológico Nacional. https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2024. Sistema Meteorológico Nacional (SMN): Información Estadística Climatológica. https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica.

Curtis, J. T., & McIntosh, R. P. (1951). An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. Ecology, 31, 476-496.

**(D)**

De la Maza M. & C. Bonacic (Eds.). 2013. Manual para el monitoreo de fauna silvestre en Chile. Serie Fauna Australis, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile, 202pp.

Diario Oficial de la Federación. 2003. Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Península de Yucatán, clave 3105, estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo. México.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2003. Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Península de Yucatán, clave 3105, estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo.

Díaz-Pulido, A. y E. Payán Garrido. 2012. Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia. 32 pp.

Diario Oficial de la Federación. 2022. Decreto por el que se retoman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. México.

Domínguez-Gervacio, N. y R. Álvarez-Mora. (sf). Vanilla planifolia. Enciclovida, CONABIO. Vainilla (Vanilla planifolia).

Durán R. y M. Méndez (Eds). 2010. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 pp.

**(E)**

Enciclovida. Plataforma web. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) a través del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). México. https://enciclovida.mx/

Estrella, E., Pech-Canché, J.M., Hernández-Betancourt, S.F., López-Castillo, D.L. y C. Moreno. 2014. Diversidad de murciélagos (Chiroptera: Mammalia) en dos zonas arqueológicas de Yucatán, México. Acta Zoológica Mexicana. 30 (1): 188-200.

**(F)**

Forman R. y L. E. Alexander. 1998. Roads ad their major ecological effects. https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207

Fragoso-Servón, Patricia, Francisco Bautista, y Oscar Frausto. s. f. 2014. Caracterización de las depresiones kársticas (forma, tamaño y densidad) a escala 1:50,000 y sus tipos de inundación en el Estado de Quintana Roo, México. 31(1):127-37.

**(G)**

Gallardo G., Nuñez A., Pacheco, L. 2010. Transectos lineales como opción para estimar abundancia de vicuñas: Estudio de caso en el parque Nacional Sajama, Bolivia. Ecología en Bolivia 45(1). Abril 2010.

Gallina, S (ed.) 2015. Manual de técnicas del estudio de la fauna. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.

García Gil G., Graniel Castro Eduardo, 2010. Geología, Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. https://www.cicy.mx/documentos/CICY/sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap1/01%20Geologia.pdf

Gobierno de México (2020). Data México: Uayma. https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/uayma?healthMeasures=establishments&housingConectivity=equipmentAccess&institutionHealth=inst_0&roomSelector=roomOption

Gobierno de México (2022). Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2022: Yucatán, Uayma.https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/699923/31_099_YUC_Uayma.pdf

Gobierno de México (2022). Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2024: Yucatán, Valladolid. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/796151/31102-Valladolid23.pdf

Gobierno de México (2020). Data México: Valladolid. https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/valladolid?housingConectivity=technologyAccess

González-González, J. (1992). Flora ficológica de México: concepciones y estrategias para la integración de una flora ficológica nacional. Ciencias 6: 13-33.

González-Hernández, J. X., J. M. Garza-Castro & C. J. Balderas-Valdivia. 2021. Manual de identificación de la Herpetofauna de México. Dirección General de Divulgación de la Ciencia/Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 60 pp.

**(H)**

Howell, S. N., & Webb S. 1995. A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. 851p.

**(I)**

INECC (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO (2021). INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE. MÉXICO https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2021.pdf.

INECC (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO (2021). Informes y Almanaques de datos de calidad del aire en ciudades mexicanas https://sinaica.inecc.gob.mx/pags/informes.php.

INEGI (Instituto de Estadística y Geografía). 2021. Uso de Suelo y Vegetación serie VII. https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/ (consultado el 02 de diciembre de 2024; 15:44 h).

INEGI (Instituto de Estadística y Geografía). 2021. Vulnerabilidad al cambio climático. https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2020. Límites Municipales 2020 con censo INEGI 2020. https://idegeo.centrogeo.org.mx/layers/geonode%3Amun_censo_pv_2020.

IPCC. (2014). CAMBIO CLIMÁTICO 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_es-1.pdf.

**(J)**

Jiménez, J. A. (s.f.). Laguncularia racemosa (L.) Gaertn.f. White Mangrove. SO-ITF-SM3. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 64 p.

Jones, J.K., Jr., J.D. Smith y H.H. Genoways. 1973. Annotated checklist of Mammals of the Yucatan Peninsula, México. I. Chiroptera. Occas. Papers Mus., Texas Tech Univ., 13:1-31.

JSTOR. 2024. Global Plants on JSTOR. https://plants.jstor.org/.

**(L)**

Lee, J. C. 1980. An ecogeographic analysis of the herpetofauna of the Yucatan Peninsula. Univ. Kansas Mus. Nat. Hist. Misc. Publ. 67:1-75.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). (2024). LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE. 01/04/2024. Diario Oficial de la Federación (DOF). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf.

Lugo Hubp, José, José Fernando Aceves Quesada, y Ramón Espinasa Pereña. 1992. Rasgos Geomorfológicos Mayores de La Península de Yucatán. Revista Del Instituto de Geología. UNAM 101(2):143-50.

**(M)**

Martínez Ramos, M. 2008. Grupos funcionales. En: Capital Natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 365-412.

Medellín, R.A., O. Sánchez-Herrera y G. Urbano-V. 1992. Ubicación zoogeográfica de la Selva Lacandona, Chiapas, México, a través de su fauna de quirópteros, p. 233-251. En Vásquez-Sánchez, M.A. & M.A. Ramos (eds.). Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: Investigación para su conservación. Publ. esp. Ecósfera México. 1:233-251.

Miranda, F. y X. Hernández. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. https://www.researchgate.net/publication/306160721_Los_tipos_de_vegetation_de_Mexico_y_su_clasification.

Missouri Botanical Garden. 2024. Trópicos. https://www.tropicos.org/home.

Morrone J. J., T. Escalante y G. Rodríguez-Tapia. 2017. Provincias biogeográficas mexicanas 2017. https://www.researchgate.net/publication/261077687_Biogeographical_regionalisation_of_the_Neotropical_Region.

Mostacedo, Bonifacio; Fredericksen, Todd S. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia.

**(N)**

Narváez, V. & G. Zapata-Ríos. 2020. Manual para el muestreo de fauna silvestre con transectos lineales. Wildlife Conservation Society. Quito. 18 pp

National Geographic society. 1987. Field Guide to the Birds of Nort America. Third Edition.

Navarro-Sigüenza, A. G., M. F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez, A. Towsend Peterson, H. Berianga-García y L. A. Sanchez-Gozález. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: 476-495.

Norma Oficial Mexicana. SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, y la Modificación a su Anexo Normativo III. Protección ambiental-Especies nativas de Mexico de flora y fauna silvestre, categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio.

**(O)**

Olcina, J. & Ayala-Carcedo, F. (2002). Riesgos naturales, conceptos fundamentos y clasificación. Ariel Ciencia. España. ISBN: 84-344-8034-4.

Organización Meteorológica Mundial (OMM), 2022. Ciclones tropicales. Recuperado en septiembre de 2023. https://public.wmo.int/es/ciclones-tropicales.

**(P)**

Pech-Canché, J.M. 2010. Riqueza de especies y diversidad funcional en los ensambles de murciélagos de dos tipos de selva en Yucatán, México. (Tesis doctoral, Instituto de Ecología, A.C.), Xalapa, Veracuz.

Portal de Geoinformación. 2025. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Consultado el 2 de mayo de 2025 de http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/.

**(R)**

Ramírez-Pulido, J. y A. Castro-Campillo. 1990. Regiones y provincias mastogeográficas. http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/rmast4mgw.

Romahn de la Vega Carlos Francisco y Ramírez Maldonado, Hugo. 2010. Dendrometría. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.

Romero-Almaraz, Ma.L., Sánchez-Hernández C., García-Estrada C., Owen D. R. 2000. Mamíferos pequeños. Manual de técnicas de captura, preparación, preservación

y estudio. 1ª Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Instituto de Biología. México. 204 p.

Rosengaus Moshinsky M, Jímenez Espinoza M., Vázquez Conde M.T. 2001. Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México. CENAPRED

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxPort.pdf.

**(S)**

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Guía para la Presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental para Proyectos que Requieran Cambio de Uso de Suelo o Proyectos Agropecuarios. Modalidad: particular. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/690899/GUIA-MIA-PARTICULAR-CUS-AGROPECUARIO.pdf.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. ATLAS DE CUERPOS DE AGUA. Gobierno de México. https://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador/enlace/atlas2010/atlas_agua.pdf

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-de-ordenamiento-ecologico-general-del-territorio-poetg

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2019. NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo Normativo III. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2024. Documentos del Inventario Nacional de Emisiones. Inventario Nacional de Emisiones 2018 Resumen. https://www.gob.mx/semarnat/documentos/documentos-del-inventario-nacional-de-emisiones

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2024. Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA). https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-de-informacion-geografica-para-la-evaluacion-del-impacto-ambiental-sigeia

SEMARNAT. (2023). Ríos de México, venas de agua, cultura y civilización. A la orilla de sus cauces se han cimentado desde siempre las principales ciudades. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). https://www.gob.mx/semarnat/articulos/rios-de-mexico-venas-de-agua-cultura-y-civilizacion#:~:text=De%20acuerdo%20con%20datos%20de,65%25%20de%20la%20superficie%20nacional

Sánchez O., M. A. Pineda., H. Benítez., H. Berlanga y Rivera-Téllez E. 2015. Guía de identificación para las aves y mamíferos silvestres de mayor comercio en México protegidos por la CITES, 2a. Edición, Volumen II: MAMÍFEROS. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) - Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México, D. F.

Sibley D. 2014. Birds of Western North América. 2ª Ed. Helm. USA.

Strasburger E. y col. 1994. Tratado de Botánica, 8ª ed. castellano. Ediciones Omega S.A.

SHCP (Secretaría de Hacienda y Crédito Público). 2020. TAREA 3: Estudio de Impacto Ambiental. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/372098/TAREA_3._ESTUDIO_DE_IMPACTO_AMBIENTAL.pdf (consultado el 02 de diciembre de 2024; 10:20 h).

Sosa-Escalante, J.E., Pech-Canché, J.M., McSwiney, M.C y S. Hernández-Betancourt. 2013. Mamíferos terrestres de la Península de Yucatán, México: riqueza, endemismo y riesgo. Revista Mexicana de Biodiversidad. 84 (3): 949-969.

**(T)**

Taylor B. 2003. Atlas visual de las aves. Editorial Bruno. Madrid España.

**(U)**

Uetz, P., Freed, P. y Hošek, J. 2020. The Reptile Database, Sitio web: http://www.reptile-database.org.

UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 1990. Provincias herpetofaunísticas. http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/pherpe8mgw

UNESCO Worl Heritage Convention. 2025. Sian Ka'an. Recuperado el 30 de abril de 2025 de https://whc.unesco.org/es/list/410#:~:text=En%20la%20lengua%20de%20los,por%20un%20arrecife%20de%20barrera.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). 2024. Lista Roja de Especies Analizadas. https://www.iucnredlist.org/es

**(V)**

Villareal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 pp.

**(W)**

Wunderle, J. 1994. Métodos para contar aves terrestres del Caribe. United Satates Department of Agriculture. Forest Service. Louisiana.

WWF. (s/f). Sistema Arrecifal Mesoamericano. AGUA.ORG.MX. (2024). Cuerpos de agua. Fondo para la comunicación y la educación ambiental, A.C. https://agua.org.mx/cuerpos-de-agua/#:~:text=Un%20cuerpo%20de%20agua%20es,de%20agua%20salada%20o%20dulce.

# MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

## Modalidad Regional

**Del Proyecto:**

## “TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)”

**Con pretendida ubicación en el Municipio de Tulum, en el estado de Quintana Roo.**

### CAPÍTULO IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

**Promovente:**

**Octubre de 2026**

# ÍNDICE

**CAPÍTULO IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN ..... 4**

**IV.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ..... 5**

IV.1.1 Impactos ambientales preexistentes en la Región Ecológica ..... 5

IV.1.2 Identificación, análisis y evaluación de impactos, en particular los impactos negativos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales en el área del proyecto (AP) ..... 13

IV.1.3 Caracterización de los impactos ..... 17

IV.1.4 Descripción de los impactos ambientales del proyecto y medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración ..... 33

IV.1.5 Impactos Residuales ..... 71

IV.1.6 Impactos Acumulativos ..... 73

**IV.2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN ..... 77**

IV.2.1. Clasificación de medidas ambientales ..... 78

IV.2.2. Medidas ambientales a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto ..... 80

IV.2.3. Seguimiento y control ..... 112

**IV.3 CONCLUSIONES ..... 112**

**IV.4 BIBLIOGRAFÍA ..... 114**

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura IV.1. Interacciones potenciales vs interacciones reales del proyecto. Elaboración propia. ..... 23

Figura IV.2. Interacciones positivas negativas en las etapas del proyecto. Elaboración propia. 24

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla IV.1. Componentes y Factores ambientales susceptibles de impacto dentro de la Región Ecológica. Elaboración propia. ..... 6

Tabla IV.2. Componentes y Factores ambientales susceptibles de impacto dentro de la Región Ecológica. Elaboración propia. ..... 8

Tabla IV.3. Desglose de etapas y actividades del proyecto. Elaboración propia. ..... 14

Tabla IV.4. Cadena de desglose para la obtención de los factores. Elaboración propia. ..... 14

Tabla IV.5. Criterios y valores de la Matriz de Conesa-Vítora. Elaboración propia. ..... 15

Tabla IV.6. Magnitud del impacto. Elaboración propia. ..... 17



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

Tabla IV.7. Componentes y Factores ambientales y sus indicadores. Elaboración propia. ..... 17

Tabla IV.8. Actividades del Proyecto generadoras de impactos ambientales. Elaboración propia. 20

Tabla IV.9. Componentes y Factores ambientales susceptibles de impacto por las acciones del Proyecto. Elaboración propia. ..... 21

Tabla IV.10. Número de interacciones por etapa del proyecto. Elaboración propia. ..... 22

Tabla IV.11.Interacciones reales que causan cambios en los atributos ambientales. Elaboración propia. ..... 24

Tabla IV.13. Matriz de causa-efectos. Elaboración propia. ..... 27

Tabla IV.14. Clasificación de los Impactos Ambientales identificados de acuerdo con la importancia del impacto. Elaboración propia. ..... 30

Tabla IV.15. Valoración de los impactos ambientales. Elaboración propia. ..... 31

Tabla IV.16. Descripción de los impactos ambientales del proyecto y medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración. Elaboración propia. ..... 33

Tabla IV.17. Tipos de medidas aplicables al proyecto del proyecto. Elaboración propia. ..... 77

Tabla IV.18. Nombre y descripción de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración. Elaboración propia. ..... 80

Tabla IV.19. Descripción medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental. Elaboración propia. ..... 82



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

# CAPÍTULO IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

En el presente capítulo se desarrolla el análisis integral de los impactos ambientales que podrían generarse durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto "**TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)**". Este análisis considera los efectos directos e indirectos, así como los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales dentro de la Región Ecológica (RE) delimitada para esta evaluación ambiental.

Para ello, se toma como línea base la caracterización de la RE descrita en el capítulo anterior, identificando las interacciones entre las obras y actividades del proyecto y los componentes ambientales (físicos, bióticos, paisajísticos y socioeconómicos) susceptibles de modificación. Posteriormente, a través de una metodología sistemática de evaluación, se determina la naturaleza, magnitud, extensión, duración, reversibilidad, periodicidad, probabilidad de ocurrencia e importancia de cada impacto, con el propósito de establecer su significancia ambiental.

Con base en los resultados obtenidos, se estructuran las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración ambiental, orientadas a evitar o minimizar los impactos adversos, potenciar los efectos positivos y favorecer la conservación de los recursos naturales y servicios ecosistémicos del área. Asimismo, se identifican los impactos residuales que prevalecerían tras la implementación de dichas medidas, evaluando su aceptabilidad y compatibilidad con la capacidad de resiliencia de la RE.

Finalmente, este capítulo integra la valoración global de la viabilidad ambiental del proyecto, considerando el cumplimiento de la legislación y los instrumentos de política ambiental aplicables. Todo ello bajo los principios de prevención, desarrollo sustentable y conservación de la biodiversidad, aportando los elementos técnicos robustos que sustentan la toma de decisiones por parte de la autoridad ambiental.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

# IV.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

## IV.1.1 Impactos ambientales preexistentes en la Región Ecológica

La identificación de los impactos ambientales preexistentes en la Región Ecológica (RE) constituye un elemento fundamental para diagnosticar el estado actual de esta. Esto permite conocer el estado actual de la RE para diferenciar las alteraciones históricas de aquellas que se generarán como consecuencia del desarrollo del proyecto. Dicha revisión proporciona el contexto técnico necesario para evaluar la contribución real de la obra sobre las dinámicas ecológicas regionales y determinar con precisión la magnitud de sus impactos potenciales.

A partir de la información generada en la caracterización ambiental del Capítulo III, se identifican las principales presiones que inciden actualmente sobre la RE, derivadas tanto de dinámicas naturales como de actividades antropogénicas. Entre estas destacan el cambio de uso del suelo, el desarrollo urbano, la presencia de infraestructura, la fragmentación del hábitat, la pérdida de cobertura vegetal y la alteración de los procesos hidrológicos; factores que, en conjunto, condicionan la funcionalidad ecosistémica de la región.

El reconocimiento de este escenario base permite advertir las tendencias de deterioro, conservación o recuperación de los distintos componentes ambientales y sus relaciones funcionales. Con ello, se obtienen los indicadores necesarios para evaluar la vulnerabilidad, la capacidad de carga y la resiliencia de la Región Ecológica frente a nuevas perturbaciones.

Asimismo, permite en el marco de referencia para la posterior identificación y evaluación de los impactos ambientales estrictamente atribuibles al proyecto, en especial aquellos de carácter adverso significativo, acumulativo, sinérgico y residual, conforme a la legislación ambiental vigente. De esta manera, es posible dictaminar si las acciones del proyecto incrementarán o interactuarán con las presiones preexistentes, aislando los efectos propios de la obra de los procesos históricos previamente establecidos.

El diagnóstico de estas alteraciones preexistentes se fundamentó en el revisión espacial y documental desarrollada en los Capítulos II y III de la presente Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional (MIA-R). Esta integración de información cartográfica y bibliográfica permitió definir las condiciones actuales del medio a través de la evaluación de sus componentes abióticos, bióticos y socioeconómicos; abarcando variables como el clima, la fisiografía, la geomorfología, la edafología, la hidrología superficial y subterránea, la calidad del agua y del aire, los procesos de degradación edáfica, la cobertura vegetal, la fauna silvestre, el valor paisajístico y la dinámica socioeconómica.

A partir de esta caracterización, se seleccionaron los factores ambientales que fungirán como indicadores clave para dimensionar las presiones actuales del entorno. Esta síntesis técnica consolida el escenario de referencia sobre el cual se proyectarán y evaluarán los impactos atribuibles al proyecto durante sus etapas de preparación del



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

sitio, construcción, operación y mantenimiento. De igual forma, provee la certidumbre técnica necesaria para graduar la magnitud e importancia de las afectaciones y sustentar el diseño de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración.

Por lo tanto, a continuación, se desglosan los factores y componentes del Sistema Ambiental que resultan susceptibles de interactuar con las obras y actividades del proyecto, los cuales constituyen los ejes rectores para la evaluación de impactos dentro de la Región Ecológica (RE).

**Tabla IV.1. Componentes y Factores ambientales susceptibles de impacto dentro de la Región Ecológica. Elaboración propia.**

| Medio | Componente ambiental | Factor ambiental | Impacto ambiental presente |
|---|---|---|---|
| Abiótico | Geoformas | Relieve | Cambio en el relieve o microrelieve |
| | Edafología | Calidad del suelo | Cambio en las características fisicoquímicas del suelo |
| | | Erodabilidad (pérdida de suelo) | Cambio en el primer horizonte de suelo (eólica / hídrica) |
| | | Permeabilidad del suelo | Posible reducción de la infiltración de agua por compactación de suelo |
| | | Composición del suelo | Pérdida de materia orgánica |
| | Aire | Calidad el aire | Aumento en la emisión de GYCEI y Partículas suspendidas |
| | | Temperatura | Aumento de temperatura del aire |
| | | Acústica | Aumento en los niveles de ruido |
| | Hidrología | Recarga de acuíferos | Variación en las superficies de infiltración |
| | | Dinámica hidrológica | Cambio en los patrones de escurrimiento y almacenamiento del agua |
| | | Calidad del agua | Cambio en las características fisicoquímicas del agua |
| Biótico | Vegetación | Diversidad de la vegetación (riqueza de especies) | Afectación de especies e individuos de flora |
| | | Especies protegidas | Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT |
| | | Abundancia de la vegetación. | Afectación del número de individuos de cada especie |
| | | Cobertura vegetal | Pérdida de la cobertura vegetal |
| | | Captura de carbono | Cambio en la capacidad de captura de carbono |
| | Fauna | Diversidad de la fauna. | Afectación de especies e individuos de fauna |
| | | Especies protegidas | Afectación de especies e individuos de fauna incluidos en la NOM-059-SEMARNAT |
| | | Abundancia de la fauna. | Perturbación por contaminación auditiva y lumínica |
| | | Hábitat faunístico | Modificación y pérdida de hábitat |
| | | Efecto barrera y Patrones de distribución | Modificación de las rutas de desplazamiento |
| | | Importancia biológica | Modificación de la composición y estructura de las comunidades de fauna |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| Medio | Componente ambiental | Factor ambiental | Impacto ambiental presente |
|---|---|---|---|
| Paisaje | Fondo escénico y estético | Calidad escénica. | Modificación de la calidad del paisaje |
| | | Fragilidad. | Modificación de superficies de conservación |
| | | Visibilidad | Modificación de la cuenca visual |

Una vez definidos los factores ambientales susceptibles de interactuar con el proyecto, se procedió a la identificación de los impactos ambientales potenciales. Este proceso analítico se sustentó en la vinculación de la línea base ambiental (caracterización previa de la RE) con la revisión documental de las dinámicas y presiones antrópicas que actualmente inciden en la zona. De esta manera, se garantiza una evaluación integral que abarca los efectos derivados de todas las etapas de la obra, incluyendo la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

**Tabla IV.2. Componentes y Factores ambientales susceptibles de impacto dentro de la Región Ecológica. Elaboración propia.**

| Medio | Componente ambiental | Factor ambiental | Impacto Ambiental | Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto | Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos) |
|---|---|---|---|---|---|
| Abiótico | Geoformas | Relieve | Alteración de la topoforma | Extracción en bancos de materiales calcáreos, cortes y terraplenes carreteros, terracerías de infraestructura lineal (vías férreas Tramo 5 Tren Maya, carreteras), caminos de acceso, minería y expansión urbana/turística. | **Impacto Negativo**, permanente o de largo plazo, puntual a local, de intensidad media a alta; modifica pendientes, microrelieves y estabilidad superficial.<br><br>Las modificaciones del relieve alteran la dinámica geomorfológica, favoreciendo procesos erosivos y cambios en la estabilidad del terreno (Tarbuck et al., 2020; Pedraza, 1996). |
| | Edafología | Calidad del suelo | Contaminación del suelo por derrames y disposición de residuos | Operación de maquinaria pesada para megaproyectos e infraestructura ferroviaria, estaciones de servicio sobre la Carretera Federal 307, tiraderos clandestinos, actividades agropecuarias, talleres automotrices y bancos de materiales. | **Impacto Negativo**, temporal o persistente, puntual, intensidad variable; puede generar acumulación de hidrocarburos, metales, residuos sólidos y cambios en pH, salinidad o materia orgánica.<br><br>Los derrames y residuos modifican las propiedades fisicoquímicas del suelo y reducen su calidad ambiental (Brady & Weil, 2017; FAO, 2015). |
| | | Erodabilidad (pérdida de suelo) | Cambio en el primer horizonte de suelo en las áreas de desmonte (erosión eólica / hídrica) | Desmontes de selva para derechos de vía de nueva infraestructura (carreteras, vías férreas), pérdida de cobertura vegetal por crecimiento inmobiliario, agricultura de temporal, apertura de caminos y bancos de material. | **Impacto Negativo**, acumulativo, local a regional, intensidad media; favorece pérdida de suelo fértil, arrastre de sedimentos y reducción de productividad edáfica.<br><br>La remoción de cobertura vegetal incrementa la erosión hídrica y eólica (Morgan, 2005; FAO, 2015). |
| | | Composición del suelo | | | |
| | | Permeabilidad | Sellamiento y compactación del suelo | Ampliación de carreteras como la Carretera Federal 307, planchas de concreto para estaciones, zonas urbanas, patios de maniobra, terracerías, tránsito de maquinaria pesada y actividades ganaderas. | **Impacto Negativo**, permanente, puntual a local, intensidad media; reduce infiltración, aumenta escurrimientos y limita aireación del suelo.<br><br>La compactación disminuye la infiltración y la aireación del suelo (Brady & Weil, 2017). |
| | Aire | | Aumento de temperatura del aire | Pérdida de dosel forestal por derechos de vía, tránsito vehicular continuo en la Carretera 307 y caminos secundarios, | **Impacto Negativo**, acumulativo, local a regional, permanente, intensidad media. |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| Medio | Componente ambiental | Factor ambiental | Impacto Ambiental | Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto | Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Temperatura | | actividad industrial, acelerada urbanización y operación de maquinaria pesada. | Se generan emisiones de GYCEI principalmente de los combustibles fósiles, así como del polvo por tránsito vehicular sobre caminos y por actividades de construcción y extracción de materiales, lo que contribuye al deterioro de la calidad del aire y al incremento de gases de efecto invernadero. (IPCC, 2023; SEMARNAT, 2023). |
| | | Composición gaseosa | Aumento en la emisión de GYCEI y partículas suspendidas | | |
| | | | Disminución en la emisión de GYCEI y Partículas suspendidas | Mantenimiento de áreas remanentes de selva mediana, áreas naturales protegidas dentro de la RE, programas integrales de compensación y restauración ambiental de megaproyectos y control de emisiones. | **Impacto Positivo**, local a regional, acumulativo, de mediano a largo plazo, intensidad baja a media.<br><br>La cobertura vegetal existente contribuye a la captura de dióxido de carbono y a la retención de partículas suspendidas, favoreciendo el mantenimiento de la calidad del aire en áreas con limitada actividad industrial y baja densidad poblacional. Las medidas de revegetación y control reducen emisiones difusas en el ambiente (IPCC, 2023). |
| | | Acústica | Aumento en los niveles de ruido | Movimiento de tierras, construcción de vías generales de comunicación, tránsito intenso en la carretera Cancún-Tulum, operación de aeropuertos regionales, urbanización y maquinaria pesada. | **Impacto Negativo**, temporal a permanente, local, intensidad media.<br><br>El funcionamiento de vehículos, maquinaria y equipos genera un incremento en los niveles de presión sonora, pudiendo alterar el ambiente acústico y ocasionar molestias a la población y perturbación de la fauna silvestre, particularmente en zonas cercanas a las fuentes emisoras. El ruido modifica el comportamiento de fauna y afecta el bienestar de la población aledaña (WHO, 2018). |
| | Hidrología | Dinámica hidrológica | Cambio en los patrones de escurrimiento | Caminos, terraplenes ferroviarios y carreteros que fungen como barreras, obras de drenaje transversal, expansión de la mancha urbana, desmontes y modificación topográfica en canteras. | **Impacto Negativo**, acumulativo, local a regional, intensidad media; modifica la dirección, velocidad y volumen del escurrimiento superficial.<br><br>Las superficies impermeables alteran el balance hidrológico en la RE (Chow *et al.*, 1988; Dingman, 2015). |
| | | Recarga de acuíferos | Infiltración del agua y recarga de acuífero (almacenamiento de agua) | Sellamiento del suelo por pavimentos de nueva infraestructura vial y ferroviaria, deforestación masiva, crecimiento habitacional/turístico y pérdida de zonas de infiltración natural. | **Impacto Negativo**, permanente o de largo plazo, local a regional, intensidad media; reduce almacenamiento hídrico y puede incrementar presión sobre acuíferos. |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| Medio | Componente ambiental | Factor ambiental | Impacto Ambiental | Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto | Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Debido a las actividades que implican el sellamiento de suelo se ha visto que la infiltración de agua a aguas subterráneas disminuye por pérdida de permeabilidad (CONAGUA, 2024; Chow *et al.*, 1988). |
| | | Calidad del agua superficial y subterránea | Disminución de la calidad o contaminación del agua superficial y subterránea | Descargas de aguas residuales urbanas insuficientemente tratadas hacia cenotes/acuífero, residuos sólidos, arrastre de sedimentos por obra civil, uso de agroquímicos y derrames por talleres y maquinaria. | **Impacto Negativo**, temporal a persistente, puntual a regional, intensidad variable; puede alterar turbidez, nutrientes, hidrocarburos, metales y carga orgánica.<br><br>La calidad del agua se ha visto deteriorada por la acumulación de sedimentos y contaminantes en cuerpos de agua (CONAGUA, 2024). |
| | | Nivel del agua subterránea | | | |
| Biótico | Vegetación | Cobertura vegetal | Perdida de cobertura vegetal y fragmentación del hábitat | Desmontes masivos para la construcción de derechos de vía ferroviarios y viales, crecimiento urbano, minería calcárea, desarrollo inmobiliario y cambio de uso de suelo. | **Impacto Negativo**, acumulativo, local a regional, intensidad media a alta; reduce conectividad, cobertura y continuidad de comunidades vegetales.<br><br>La pérdida de cobertura reduce servicios ecosistémicos y resiliencia (Rzedowski, 2006; CONABIO, 2016).<br>La fragmentación incrementa el efecto de borde y reduce conectividad (Forman & Godron, 1986; Fahrig, 2003). |
| | | Densidad de la vegetación | Cambios en las interacciones ecológicas y alteración de la sucesión ecológica (Resiliencia, recuperación y crecimiento de la vegetación de la zona) | Fragmentación por infraestructura lineal (carreteras, ferrovías), desmontes, introducción de especies invasoras en frentes de obra, extracción de leña e incendios, agricultura y ganadería | **Impacto Negativo**, acumulativo, local, intensidad media; altera regeneración natural, dispersión, polinización y resiliencia del ecosistema.<br><br>Debido a estas actividades los disturbios modifican la sucesión ecológica (Pickett & White, 1985). |
| | | Captura de carbono | | | |
| | | Diversidad de la vegetación (riqueza de especies) | Disminución o afectación a la población de individuos de individuos de flora silvestre | Remoción de selva para megaproyectos y urbanización, aprovechamiento forestal, expansión agrícola y tránsito intensivo que afecta hábitats nativos. | **Impacto Negativo**, directo, local, intensidad media; puede reducir abundancia, cobertura, reclutamiento y composición florística.<br><br>La remoción de la vegetación ha ocasionado una alteración en los hábitats de las especies locales lo que ha afectado en su riqueza y abundancia florística (Rzedowski, 2006). |
| | | Abundancia de la vegetación | | | |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| Medio | Componente ambiental | Factor ambiental | Impacto Ambiental | Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto | Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Especies protegidas de la flora silvestre | Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de flora silvestre | Extracción y fragmentación forestal, necesidad de rescate de palmas, orquídeas y cícadas en polígonos de infraestructura, cambios de uso de suelo e incendios, incremento de áreas agrícolas y ganaderas | **Impacto Negativo**, significativo cuando involucra especies en riesgo, puntual a local, intensidad media a alta; requiere rescate, reubicación y monitoreo.<br><br>Las especies en riesgo requieren medidas específicas (SEMARNAT, 2010; IUCN, 2024; CITES, 2023). |
| | Fauna | Abundancia de la fauna | Perturbación y ahuyentamiento de individuos por contaminación auditiva y lumínica (abandono de nidos y madrigueras) | Operación de maquinaria de construcción en selva, tránsito continuo diurno y nocturno en la Carretera 307, asentamientos humanos e industria en expansión. | **Impacto Negativo**, temporal o recurrente, local, intensidad baja a media; puede provocar desplazamiento, abandono de nidos, madrigueras o zonas de alimentación.<br><br>El ruido y la luz alteran el comportamiento y la reproducción de las especies locales (Primack, 2020). |
| | | Diversidad de la fauna silvestre | Disminución o afectación en la abundancia y riqueza de la población de individuos de fauna silvestre | Riesgo elevado de atropellamiento faunístico en carreteras existentes y nuevos accesos, pérdida directa de hábitat, fragmentación forestal y presencia humana. | **Impacto Negativo**, acumulativo, local a regional, intensidad media; afecta disponibilidad de refugio, alimento y sitios reproductivos.<br><br>Las poblaciones de las especies que habitan en ese lugar se ven afectadas por lo que se requiere su rescate y monitoreo (SEMARNAT, 2010). |
| | | Especies protegidas de la fauna silvestre | Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES, IUCN y demás instrumentos y organismos que protegen a las especies de fauna silvestre | Impacto sobre mamíferos mayores (ej. jaguar) y primates por cambio de uso de suelo, tráfico vehicular, fragmentación de corredores y pérdida de hábitat nativo. | **Impacto Negativo**, potencialmente significativo, local, intensidad media a alta; requiere acciones de rescate, ahuyentamiento, reubicación y seguimiento.<br><br>La reducción del hábitat disminuye poblaciones sobre todo las de las especies más expuestas o en peligro de extinción (Primack, 2020). |
| | | Importancia biológica | Fragmentación, modificación y pérdida de hábitat y microhábitat | Trazos de líneas de infraestructura vial y eléctrica, ampliación de carreteras, deforestación para bancos de materiales y avance urbano hacia la selva. | **Impacto Negativo**, permanente o de largo plazo, local a regional, intensidad media a alta; reduce refugios, madrigueras, perchas, sitios de anidación y rutas de desplazamiento.<br><br>La pérdida de hábitat ha afectado el refugio y alimentación de muchas especies locales (Forman, 1995). |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| Medio | Componente ambiental | Factor ambiental | Impacto Ambiental | Principales obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en la RE, que se relacionan con el Proyecto | Caracterización del impacto (tipo, duración, extensión, intensidad y efectos) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Hábitat faunístico | Alteración en los corredores biológicos y la conectividad entre poblaciones de especies de fauna silvestre | Efecto barrera consolidado por la infraestructura lineal y el crecimiento urbano que intersectan el corredor biológico, haciendo indispensable la instrumentación de pasos de fauna. | **Impacto Negativo**, sinérgico y acumulativo, local a regional, intensidad media; limita flujo genético y movilidad de especies.<br><br>La conectividad ecológica disminuido debido a la implementación de infraestructura lineal y el desarrollo urbano (Fahrig, 2003). |
| | | Patrones de distribución | | | |
| | | Efecto barrera | | | |
| Paisaje | Fondo escénico y estético | Calidad escénica | Alteración de la calidad escénica por las actividades constructivas y la nueva infraestructura | Incursión de grandes estructuras (viaductos, estaciones férreas, aeropuertos), operación de bancos de materiales, desmontes masivos y urbanización sobre paisaje forestal y costero. | **Impacto Negativo**, directo, local, intensidad media; modifica naturalidad, visibilidad y armonía del paisaje.<br><br>La infraestructura dentro de la RE ha modificado la percepción visual del paisaje (Farina, 2006). |
| | | Visibilidad | Fragilidad del paisaje por consecuencia de remoción de vegetación forestal y la capa superficial de suelo (disminución de superficies conservadas y viables para la conservación) | Remoción del dosel de selva y despalme exponiendo sustratos calcáreos, aperturas de tajos en bancos de sascab, urbanización descontrolada y expansión de servicios. | **Impacto Negativo**, acumulativo, local, intensidad media; aumenta vulnerabilidad visual y ecológica del territorio.<br><br>La pérdida de cobertura y el deterioro de los ecosistemas dentro de la RE debido a la agricultura y ganadería, así como los núcleos urbanos e industriales actuales en el área han ocasionado un incremento de la fragilidad paisajística. |
| | | Fragilidad paisajística | | | |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

La identificación de los impactos ambientales existentes en la Región Ecológica permite reconocer que el territorio presenta presiones ambientales previas asociadas principalmente con la expansión agropecuaria, el desarrollo urbano, la infraestructura carretera, las actividades mineras e industriales, la extracción de agua subterránea, la pérdida de cobertura vegetal y la fragmentación del hábitat. Estos procesos han generado modificaciones sobre el relieve, el suelo, la dinámica hidrológica, la calidad del aire, la estructura de la vegetación, la disponibilidad de hábitat para fauna silvestre y la calidad escénica del paisaje.

En este sentido, los impactos previamente identificados constituyen la línea base para valorar la posible contribución del Proyecto a los procesos de deterioro ambiental ya presentes en la RE, particularmente aquellos de carácter acumulativo, sinérgico y residual. Asimismo, la presencia potencial de especies incluidas en instrumentos de protección como la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES e IUCN, así como la existencia de zonas con valor arqueológico y cultural, obliga a que la evaluación ambiental considere medidas preventivas, de mitigación, compensación, restauración y monitoreo que reduzcan la significancia de los impactos y aseguren la compatibilidad ambiental del Proyecto.

## IV.1.2 Identificación, análisis y evaluación de impactos, en particular los impactos negativos significativos, sinérgicos, acumulativos y residuales en el área del proyecto (AP)

### IV.1.2.1. Metodología para la identificación de impactos ambientales

El proceso de evaluación de los impactos ambientales esperados por el proyecto consta de 2 etapas, la primera corresponde a una etapa cualitativa en la que se determinan los impactos ambientales mediante la implementación de una matriz de correlación causa-efecto, la cual permite la correlación entre las actividades del proyecto y el medio en el que se encuentran, y de esta manera obtener los impactos ambientales.

La segunda etapa se conforma por la valoración de los impactos encontrados en la primera etapa, para ello se implementa la metodología propuesta por Conesa Fernández Vitora, la cual se trata de una metodología cuantitativa y permite obtener valores numéricos que facilitan la ponderación de dichos impactos además de permitir la apreciación de las características que estos presenten.

### IV.1.2.2. Matriz de correlación Causa-Efecto

Esta matriz se conforma inicialmente con la identificación de las etapas en las que estará conformado el proyecto, para posteriormente identificar las obras y actividades que se desarrollarán dentro de cada una de las etapas previamente identificadas. Este desplegado de etapas y actividades se debe de colocar a manera de columnas para la conformación de la matriz deseada.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

**Tabla IV.3. Desglose de etapas y actividades del proyecto. Elaboración propia.**

| Etapa 1 | | Etapa 2 | | | | Etapa 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ↓ | | ↓ | | | | ↓ | |
| Actividad 1 | Actividad 2 | Actividad 1 | Actividad 1 | Actividad 2 | Actividad 2 | Actividad 3 | Actividad 4 |

A continuación, se identifican los elementos del entorno susceptibles de alteración, tomando como base las condiciones actuales del sitio de emplazamiento. Para estructurar este análisis, se realiza un desglose jerárquico sistemático: primero, se definen los medios que serán influenciados por las actividades del proyecto. De estos se derivan los componentes ambientales, que agrupan de manera más específica los elementos que sufrirán modificaciones. Finalmente, de estos últimos se desprenden los factores ambientales, los cuales constituyen la unidad particular y medible de la afectación. Este ordenamiento jerárquico conforma las filas de la matriz de correlación causa-efecto.

**Tabla IV.4. Cadena de desglose para la obtención de los factores. Elaboración propia.**

| MEDIO | COMPONENTE AMBIENTAL | FACTOR AMBIENTAL |
|---|---|---|
| ↓ | ↓ | ↓ |
| ↓ | ↓ | ↓ |

Una vez conformada la matriz de correlación causa-efecto, se procede a su llenado mediante el cruce sistemático de cada obra o actividad con los factores ambientales. Cuando se determina que una actividad genera un efecto o modificación sobre un factor específico, se marca la casilla de intersección correspondiente con una equis (X). Esta marca señala la existencia de una interacción, confirmando la relación directa de causa y efecto. Por el contrario, las celdas donde no existe vinculación alguna se dejan en blanco, indicando la ausencia de impacto

Las interacciones identificadas en la matriz de correlación causa-efecto se analizan para determinar si la alteración sobre el factor ambiental posee la significancia necesaria para constituir un impacto, o si su magnitud es irrelevante y debe descartarse. Asimismo, para optimizar la evaluación, las interacciones se agrupan en un único impacto cuando comparten un mismo origen y generan un efecto homogéneo en distintos factores ambientales. Por el contrario, si la alteración repercute de manera diferenciada según el factor, el impacto se tipifica y evalúa de forma individual.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

### IV.2.1.3. Valoración de impactos

Los impactos obtenidos en la matriz de causa y efecto para cada etapa del proyecto son sometidos al proceso de valoración mediante el cual se conoce la magnitud en la que se espera se presenten dichos impactos, para lo cual se implementa la metodología propuesta por Conesa Fernández-Vitora en su Guía Metodología para la Evaluación del Impacto Ambiental (2011), la cual somete a cada uno de los impactos a una batería de criterios los cuales corresponden a condiciones y particularidades que pueden presentarse o no en dichos impactos, esto criterios cuentan con valores numéricos de acuerdo a su grado de presencia en el impacto evaluado y de esta manera se obtienen valores cuantificables para el impacto. Esta valoración se efectúa tanto para la etapa constructiva del proyecto como para los impactos esperados en la etapa operativa del mismo. Los criterios considerados en la metodología implementada y los valores que corresponden a cada criterio se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla IV.5. Criterios y valores de la Matriz de Conesa-Vítora. Elaboración propia.**

| TÉRMINOS | DESCRIPCIÓN | VALOR |
|---|---|---|
| SIGNO<br>(+/-) | El signo del impacto hace alusión a su carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.<br>Existe la posibilidad de incluir un tercer carácter (x) que refleja efectos cambiantes difíciles de predecir o efectos asociados a circunstancias externas al proyecto. | (+)<br>(X)<br>(-) |
| INTENSIDAD<br>(I) | Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa, el rango de valoración está comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área donde se produce el efecto, y el 1 una afectación mínima. Los valores comprendidos entre esos 2 términos reflejarán situaciones intermedias. | BAJA 1<br>MEDIA 2<br>ALTA 4<br>MUY ALTA 8<br>TOTAL 12 |
| EXTENSIÓN<br>(EX) | Se refiere al área de influencia teórica del impacto con relación al entorno del proyecto (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que tiene un carácter puntual (1). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será total (8), considerando las situaciones intermedias, según su gradación, como impacto parcial (2) y extenso (4).<br>En el caso de que el efecto sea puntual, pero se produzca en un lugar critico se le atribuirá un valor de 4 unidades por encima del que le correspondería en función del porcentaje de extensión en el que se manifiesta y, en el caso de considerar que es peligroso y sin posibilidad de introducir medidas correctoras habrá que buscar otras alternativas al proyecto, anulando el efecto. | PUNTUAL 1<br>PARCIAL 2<br>EXTENSO 4<br>TOTAL 8<br>CRITICA +4 |
| MOMENTO<br>(MO) | Alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. Así pues, cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será Inmediato, y si es inferior a un año, Corto Plazo, asignándoles a ambos un valor (4). Si es un periodo de tiempo que va de 1 a 5 años, Medio Plazo (2), y si el efecto tarda en manifestarse más de 5 años, Largo Plazo con valor asignado (1). Si ocurre alguna circunstancia que hiciese critico el momento del impacto, cabría atribuirle un valor de una a cinco unidades por encima de las especificadas. | LARGO PLAZO 1<br>MEDIO PLAZO 2<br>INMEDIATO 4<br>CRITICO +4 |
| PERSISTENCIA<br>(P) | Se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctivas.<br>Si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de 1 año, consideramos que la acción produce un efecto Fugaz (1). Si dura | FUGAZ 1<br>TEMPORAL 2<br>PERMANENTE 4 |

| TÉRMINOS | DESCRIPCIÓN | VALOR |
|---|---|---|
| | entre 1 y 10 años, Temporal (2); y si el efecto tiene una duración superior a los 10 años, consideramos el efecto como permanente (4). | |
| REVERSIBILIDAD (RV) | Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio. Si es a Corto Plazo se le asigna un valor (1), si es a Medio Plazo (2) y si el efecto es irreversible le asignamos el valor de (4). Los intervalos de tiempo que comprenden estos periodos son los mismos asignados al parámetro anterior. | CORTO PLAZO 1<br>MEDIO PLAZO 2<br>IRREVERSIBLE 4 |
| SINERGIA (SI) | Este atributo contempla el reforzamiento de 2 o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocado por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que se espera de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea. Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma valor (1), si presenta un sinergismo moderado (2) y si es altamente sinérgico (4). | NO SINÉRGICO 1<br>SINÉRGICO 2<br>MUY SINÉRGICO 4 |
| ACUMULACIÓN (AC) | Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continua o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple) el efecto se valora como (1). Si el efecto es acumulativo el valor se incrementa a (4). | SIMPLE 1<br>ACUMULATIVO 4 |
| EFECTO (EF) | Este atributo se refiere a la relación causa efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción, consecuencia directa de esta. En el caso de que el efecto indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden. Este término toma el valor de 1 en el caso de que el efecto sea secundario y el valor 4 cuando sea directo. | INDIRECTO 1<br>DIRECTO 4 |
| PERIODICIDAD (PR) | La periodicidad se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (regular o continuo). A los efectos continuos se les asigna un valor de (4), a los periódicos (2) y a los de aparición irregular, que deben evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia, y a los discontinuos (1). | IRREGULAR 1<br>PERIÓDICO 2<br>CONTINUO 4 |
| RECUPERABILIDAD (MC) | Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctivas). Si el efecto es totalmente Recuperable, se le asigna el valor de (1) o (2) según lo sea de manera inmediata o medio plazo, si lo es permanente, el efecto es Mitigable, y toma un valor de (4). Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de recuperar tanto por la acción natural, como por la humana) le asignamos el valor de (8). En caso de ser irrecuperables, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será (4). | INMEDIATA 1<br>MEDIO PLAZO 2<br>MITIGABLE 4<br>IRRECUPERABLE 8 |

Para la valoración deseada se debe conformar otra matriz la cual se denomina como matriz de valoración en la que las columnas estarán conformadas por los criterios de la metodología implementada, mientras que las filas estarán constituidas por los impactos ambientales, de esta manera cada impacto ambiental es cotejado con cada criterio y en la casilla de correlación se coloca el valor numérico correspondiente. La magnitud numérica total del impacto evaluado se obtendrá implementando la siguiente formula:

$$I = \pm [3\ I + 2\ EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Los valores obtenidos oscilarán entre 13 y 100, los cuales son clasificados por rangos, y es lo que le da la relevancia al impacto.

**Tabla IV.6. Magnitud del impacto. Elaboración propia.**

| VALOR | MAGNITUD |
|---|---|
| ≤ 25 | IRRELEVANTES |
| 26-49 | MODERADOS |
| 50-74 | SIGNIFICATIVOS |
| ≥ 75 | CRÍTICOS |

Para la presente Manifestación de Impacto Ambiental Regional se empleó una adaptación cualitativa de la metodología de Conesa Fernández-Vítora, por lo que la evaluación se enfocó en la identificación y caracterización de los impactos ambientales, aplicando la ecuación de valoración numérica de importancia propuesta por el autor. Este enfoque es ampliamente utilizado cuando el objetivo principal consiste en reconocer las interacciones ambientales relevantes y establecer las medidas de manejo correspondientes, más que obtener una jerarquización cuantitativa de los impactos (Conesa Fernández-Vítora, 2010).

## IV.1.3 Caracterización de los impactos

### IV.1.3.1. Indicadores de impacto y de cambio climático

Indicador ambiental, en la guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto ambiental, el indicador ambiental se define como: “Una medida directa o indirecta de la calidad ambiental que se puede usar para evaluar el estado y tendencias en la capacidad del medio ambiente para apoyar la salud humana y ecología”. Estos son parámetros que permiten observar el grado de cambio que se presenta por las alteraciones del medio derivado de las actividades que se realicen en las diferentes etapas del proyecto y su presencia o ausencia son parámetros que denotan la presencia o ausencia de un impacto.

Para la definición de los indicadores ambientales con posibles afectaciones por la ejecución de las obras y/o actividades que contempla el Proyecto en todas sus etapas de implementación, se revisó la información del diagnóstico ambiental del sitio del Proyecto para finalmente establecer los indicadores ambientales que podrán en algún momento evidenciar el impacto ambiental provocado por el Proyecto.

**Tabla IV.7. Componentes y Factores ambientales y sus indicadores. Elaboración propia.**

| COMPONETE AMBIENTAL | FACTOR AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO | INDICADOR AMBIENTAL |
|---|---|---|---|
| Geoformas | Relieve | Cambio en el relieve o microrelieve | a) Modificación del relieve natural por actividades de corte y relleno<br>b) Presencia de taludes, terraplenes o cambios en pendientes naturales |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D “Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez”. Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| COMPONETE AMBIENTAL | FACTOR AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO | INDICADOR AMBIENTAL |
|---|---|---|---|
| | | | c) Acumulación de materiales producto del desmonte y despalme |
| Edafología | Calidad del suelo | Modificación de las características físicas y químicas del suelo | a) Presencia de manchas, olores o cambios de coloración en el suelo<br>b) Evidencia de derrames de hidrocarburos o sustancias químicas<br>c) Manejo inadecuado de residuos sólidos y peligrosos |
| | Erodabilidad (pérdida de suelo) | Cambio en el primer horizonte de suelo (eólica / hídrica) | a) Presencia de surcos, cárcavas o arrastre de sedimentos<br>b) Exposición del horizonte superficial del suelo<br>c) Pérdida de cobertura vegetal en áreas desmontadas |
| | Permeabilidad del suelo | Reducción de la infiltración de agua por compactación de suelo | a) Superficies endurecidas por tránsito de maquinaria<br>b) Disminución de la infiltración del agua<br>c) Formación de encharcamientos |
| | Composición del suelo | Pérdida de materia orgánica | a) Disminución de materia orgánica.<br>Cambio de color y olor del suelo |
| Aire | Calidad el aire | Aumento en la emisión de GYCEI y Partículas suspendidas | a) Emisión visible de polvo por movimiento de maquinaria<br>b) Presencia de humos de combustión<br>c) Incremento de material particulado en el ambiente |
| | Temperatura | Aumento de temperatura del aire | a) Incremento o decremento en los niveles de temperatura. |
| | Confort sonoro | Aumento en los niveles de ruido | a) Ruido perceptible fuera del área del proyecto<br>b) Operación simultánea de maquinaria pesada<br>c) Superación de límites permisibles (NOM-081) |
| Hidrología | Recarga de acuíferos | Variación en las superficies de infiltración y fujo subterraneo | a) Presencia de áreas de infiltración<br>b) Disminución de escurrimientos superficiales<br>c) Retención de agua en el suelo |
| | Dinámica hidrológica | Alteración en los patrones naturales de escorrentía | a) Obstrucción de cauces naturales<br>b) Desviación de escurrimientos<br>c) Acumulación de agua en zonas no habituales |
| | Calidad del agua | Cambio en las características fisicoquímicas del agua | a) Presencia de sólidos suspendidos<br>b) Cambios de color, olor o turbidez<br>c) Descargas o escurrimientos contaminantes |
| Vegetación | Diversidad de la vegetación (riqueza de especies) | Afectación de especies e individuos de flora | a) Remoción de vegetación en el área del proyecto<br>b) Discontinuidad en la cobertura vegetal<br>c) Reducción de áreas naturales |
| | Especies protegidas | Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT | a) Presencia de especies listadas en NOM-059-SEMARNAT-2010<br>b) Afectación directa a individuos protegidos<br>c) Pérdida de hábitat de especies en riesgo |
| | Abundancia de la vegetación | Afectación del número de individuos de cada especie | a) Reducción en el número de especies<br>b) Disminución de densidad de individuos<br>c) Mortalidad de ejemplares |
| | Cobertura vegetal | Pérdida de la cobertura vegetal | a) Remoción de vegetación en el área del proyecto<br>b) Discontinuidad en la cobertura vegetal<br>c) Reducción de áreas naturales |

| COMPONETE AMBIENTAL | FACTOR AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO | INDICADOR AMBIENTAL |
|---|---|---|---|
| | Captura de carbono | Cambio en la capacidad de captura de carbono | a) Remoción de vegetación en el área del proyecto<br>b) Discontinuidad en la cobertura vegetal |
| Fauna | Diversidad de la fauna | Afectación de especies e individuos de fauna | a) Reducción en avistamientos<br>b) Disminución de huellas o rastros<br>c) Mortalidad de fauna |
| | Especies protegidas | Afectación de especies e individuos de fauna incluidos en la NOM-059-SEMARNAT | a) Presencia de especies en NOM-059-SEMARNAT-2010<br>b) Afectación directa o indirecta<br>c) Alteración de hábitat crítico |
| | Abundancia de la fauna | Perturbación por contaminación auditiva y lumínica | a) Huida o desplazamiento de fauna<br>b) Abandono de nidos o madrigueras<br>c) Presencia de ruido y luz artificial |
| | Hábitat faunístico | Modificación y pérdida de hábitat | a) Reducción de cobertura vegetal<br>b) Aislamiento de parches de vegetación<br>c) Interrupción de corredores biológicos |
| | Fecto barrera y Patrones de distribución | Modificación de las rutas de desplazamiento | a) Presencia de barreras físicas<br>b) Disminución de movilidad de fauna<br>c) Cambios en rutas de desplazamiento |
| | Importancia biológica | Modificación de la composición y estructura de las comunidades de fauna | a) Reducción en avistamientos<br>b) Presencia o ausencia de especies<br>c) Mortalidad de fauna |
| Fondo escénico y estético | Calidad escénica | Alteración en la calidad visual del paisaje por la modificación de sus componentes naturales | a) Presencia de infraestructura visible<br>b) Acumulación de materiales<br>c) Contraste con el entorno natural |
| | Fragilidad | Modificación de superficies de conservación | a) Remoción de vegetación<br>b) Exposición de suelo desnudo<br>c) Disminución de áreas conservadas |
| | Visibilidad | Modificación de la cuenca visual | a) Apertura de la cuenca visual |
| Socioeconómico | Generación de empleo | Cambio en la tasa de empleos formales | a) Contratación de personal local<br>b) Incremento en fuentes de empleo<br>c) Participación de mano de obra regional |
| | Economía local | Incremento del nivel socioeconómico | a) Mejora en ingresos locales<br>b) Aumento en actividad económica<br>c) Demanda de bienes y servicios |
| Patrimonio cultural | Sitios arqueológicos | Incremento y difusión de bienes culturales de la Nación | a) Identificación de vestigios arqueológicos<br>b) Protección de sitios encontrados<br>c) Implementación de medidas de conservación |

Si bien la medición y seguimiento continuo de los indicadores socioeconómicos recaen en el ámbito de competencia de las instancias gubernamentales —y no constituyen una obligación directa del promovente—, estos parámetros fueron integrados en la matriz de evaluación con el propósito de dimensionar, de manera integral, los posibles efectos adversos y benéficos que la obra detonará sobre el entorno social. En contraparte, los indicadores ambientales sí fungen como el eje rector del monitoreo, ya que permiten identificar, cuantificar y gestionar cualquier alteración ecosistémica a lo largo de todas las etapas del proyecto.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

Resulta pertinente destacar que la mayor incidencia e intensidad de los impactos ambientales se prevé durante las fases iniciales de desarrollo. Esto obedece a que las intervenciones físicas más disruptivas sobre la Región Ecológica se concentran, en un periodo acotado, durante las etapas de preparación del sitio y construcción.

### IV.1.3.2. Valoración de los impactos

La determinación de los impactos ambientales se fundamentó en la clasificación y el ordenamiento sistemático de las obras y actividades del proyecto dentro de sus tres etapas de ejecución, acorde con la metodología previamente establecida. En la tabla subsecuente se desglosan las acciones correspondientes a las fases de preparación del sitio, construcción, y operación y mantenimiento.

**Tabla IV.8. Actividades del Proyecto generadoras de impactos ambientales. Elaboración propia.**

| Etapa de proyecto | Actividades del proyecto | |
|---|---|---|
| PREPARACION DEL SITIO | Contratación de personal de obra y adquisición de insumos | |
| | Delimitación y alineación horizontal y vertical del trazo del Proyecto | |
| | Desmonte | |
| | Despalme | |
| | Prospección y salvamento arqueológico | |
| CONSTRUCCIÓN | Construcción de terracerías y conformación de la estructura del estacionamiento | Cortes tipo caja al terreno natural |
| | | Formación de la capa de pedraplén |
| | | Formación de la capa subrasante |
| | | Colocación de material de sascab |
| | | Formación de la base hidráulica |
| | | Acarreo de materiales |
| | Obras complementarias | Construcción de banquetas, guarniciones y jardineras |
| | | Construcción e instalación de cubiertas con estructura metálica |
| | | Instalación de paneles fotovoltaicos |
| | | Construcción de la PTAR |
| | | Instalación de luminarias |
| | | Acabado (instalación de elementos estéticos y funcionales) |
| | | Instalación de señalamientos |
| | Limpieza y Retiro de maquinaria y equipo | |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | Operación del estacionamiento | |
| | Entrada y salida de vehículos | |
| | Operación del PTAR | |
| | Mantenimiento general del estacionamiento | |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

Asimismo, se determinaron los factores ambientales que funcionarán como indicadores clave para prever tendencias de cambio en la Región Ecológica donde se localiza el proyecto, y proponer medidas de mitigación que minimicen las afectaciones. Esta selección derivó de un análisis de los componentes abióticos y de biodiversidad que interactúan con el proyecto, integrando datos de campo, opiniones de personal en temas ambientales y la caracterización de la estructura ecológica del área de influencia. A continuación, se enlistan los componentes y factores ambientales considerados susceptibles de ser afectados por las actividades del proyecto.

**Tabla IV.9. Componentes y Factores ambientales susceptibles de impacto por las acciones del Proyecto. Elaboración propia.**

| MEDIO | COMPONENTE | FACTOR AMBIENTAL |
|---|---|---|
| Abiótico | Geoformas | Relieve |
| | Edafología | Calidad del suelo |
| | | Erodabilidad (pérdida de suelo) |
| | | Permeabilidad del suelo |
| | | Composición del suelo |
| | Aire | Calidad el aire |
| | | Temperatura |
| | | Confort sonoro |
| | Hidrología | Recarga de acuíferos |
| | | Dinámica hidrológica |
| | | Calidad del agua |
| Biótico | Vegetación | Diversidad de la vegetación (riqueza de especies) |
| | | Especies protegidas |
| | | Abundancia de la vegetación |
| | | Cobertura vegetal |
| | | Captura de carbono |
| | Fauna | Diversidad de la fauna |
| | | Especies protegidas |
| | | Abundancia de la fauna |
| | | Hábitat faunístico |
| | | Patrones de distribución |
| | | Importancia biológica |
| Paisaje | Fondo escénico y estético | Calidad escénica |
| | | Fragilidad |
| | | Visibilidad |
| Económico | Socioeconómico | Generación de empleo |
| | | Economía local |
| Cultural | Patrimonio cultural | Sitios arqueológicos |

Una vez identificadas las actividades del proyecto y los factores ambientales que podrían sufrir cambios se procedió a realizar la estimación de los impactos ambientales. Para la estimación cuantitativa y cualitativa de los impactos negativos y positivos que se generarán con la realización del proyecto, se consideró la metodología diseñada por V. Conesa Fernández-Vítora. Este método se basa en las matrices causa efecto, derivadas de la matriz de Leopold con resultados cualitativos, que consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuran las acciones impactantes y en filas, los factores ambientales susceptibles de recibir impactos.

Tras estructurar la matriz de correlación causa-efecto, se llevó a cabo su llenado integral. El objetivo de este paso fue identificar los impactos ambientales esperados y determinar, de manera precisa, las interacciones entre el entorno y las actividades contempladas por el proyecto. ***ANX.6. MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN.***

Al evaluar la matriz de correlación causa-efecto entre los 28 factores ambientales y las 21 actividades del proyecto, se identificaron 172 interacciones efectivas de un universo de 588 posibles. Esto representa una incidencia global de impacto del 29.3 %.

La mayor cantidad de interacciones (95) se registra en la etapa de construcción, fase que concentra la mayor parte de las obras civiles y de equipamiento del estacionamiento; no obstante, es importante subrayar que estas intervenciones se ejecutarán sobre superficies previamente modificadas. En segundo término, la etapa de preparación del sitio contabiliza 54 interacciones. Durante esta fase, la mayor presión recae sobre el componente biótico (específicamente la vegetación), derivado del desmonte y la pérdida de la cobertura vegetal existente, lo que constituye la alteración física de la flora.

Finalmente, la etapa de operación y mantenimiento reporta la menor incidencia, con apenas 23 interacciones. La distribución pormenorizada de estas interacciones, categorizada por etapa de desarrollo y componente ambiental, se expone a continuación:

**Tabla IV.10. Número de interacciones por etapa del proyecto. Elaboración propia.**

| RELACIÓN DE INTERACCIONES | PREPARACIÓN DEL SITIO | CONSTRUCCIÓN | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| Interacciones detectadas | 54 | 95 | 23 | 172 |
| % de interacciones | 31.40% | 55.23% | 13.37% | 100.00% |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

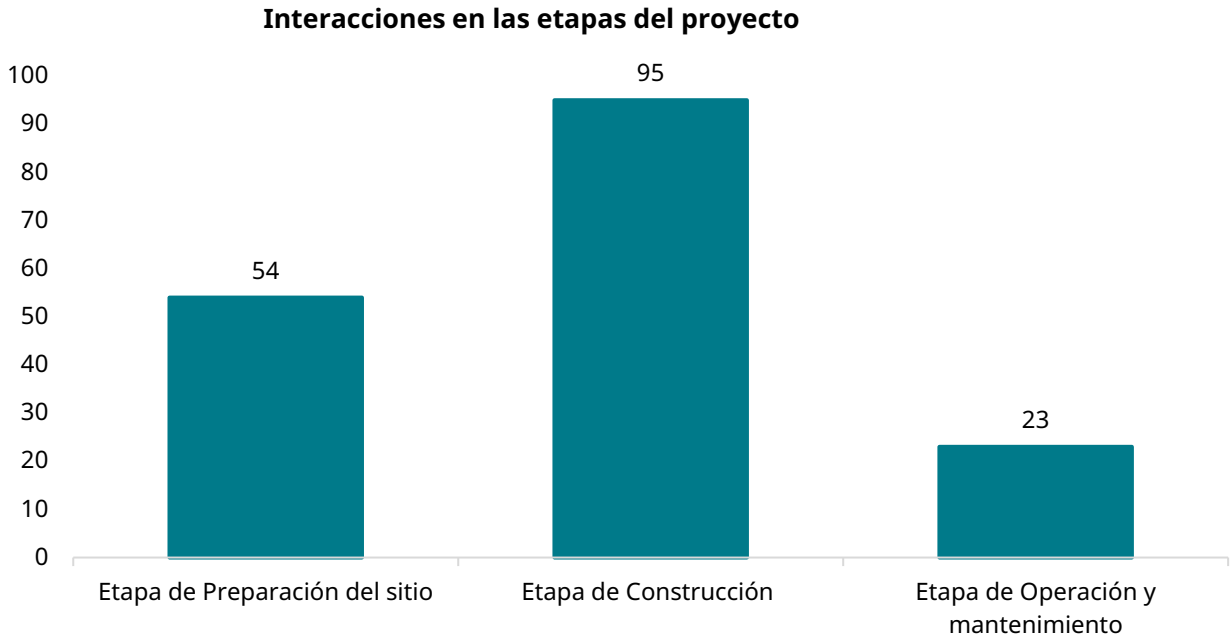



**Figura IV.1. Interacciones potenciales vs interacciones reales del proyecto. Elaboración propia.**

De las 172 interacciones identificadas, el análisis determina una tipificación basada en el sentido del impacto. Por un lado, se presentan interacciones adversas que implican una alteración temporal o permanente sobre los componentes de la región Ecológica a nivel de área de influencia del proyecto; y por otro, efectos benéficos que favorecen o potencian las condiciones del entorno.

Los resultados arrojan una predominancia de 124 interacciones adversas, los cuales están vinculadas de manera directa a las intervenciones físicas requeridas durante las etapas de preparación del sitio y construcción. En contraste, las 48 interacciones positivos, presentan una incidencia cuantitativa menor y se concentran en el medio socioeconómico, derivado de la generación de empleo y la derrama económica esperada.

Frente a este balance, la estrategia ambiental del proyecto asume un enfoque precautorio y correctivo. En lugar de limitarse a la mitigación, se estructura un esquema jerarquizado que prioriza las medidas de prevención y mitigación para minimizar las alteraciones desde su origen, seguidas de acciones de restauración y compensación para resarcir los impactos residuales. Este enfoque integral constituye el mecanismo técnico que garantiza la plena viabilidad, compatibilidad y sustentabilidad ambiental de la obra.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

**Tabla IV.11.Interacciones reales que causan cambios en los atributos ambientales. Elaboración propia.**

| Interacciones | Etapa de Preparación del sitio | Etapa de Construcción | Etapa de Operación y mantenimiento | Total, de interacciones |
|---|---|---|---|---|
| Negativas | 43 | 64 | 17 | 124 |
| Positivas | 11 | 31 | 6 | 48 |
| **Totales** | **54** | **95** | **23** | **172** |

El gráfico presentado a continuación muestra una representación visual de estos valores, permitiendo observar el comportamiento y la incidencia de los impactos en las tres etapas del del proyecto.

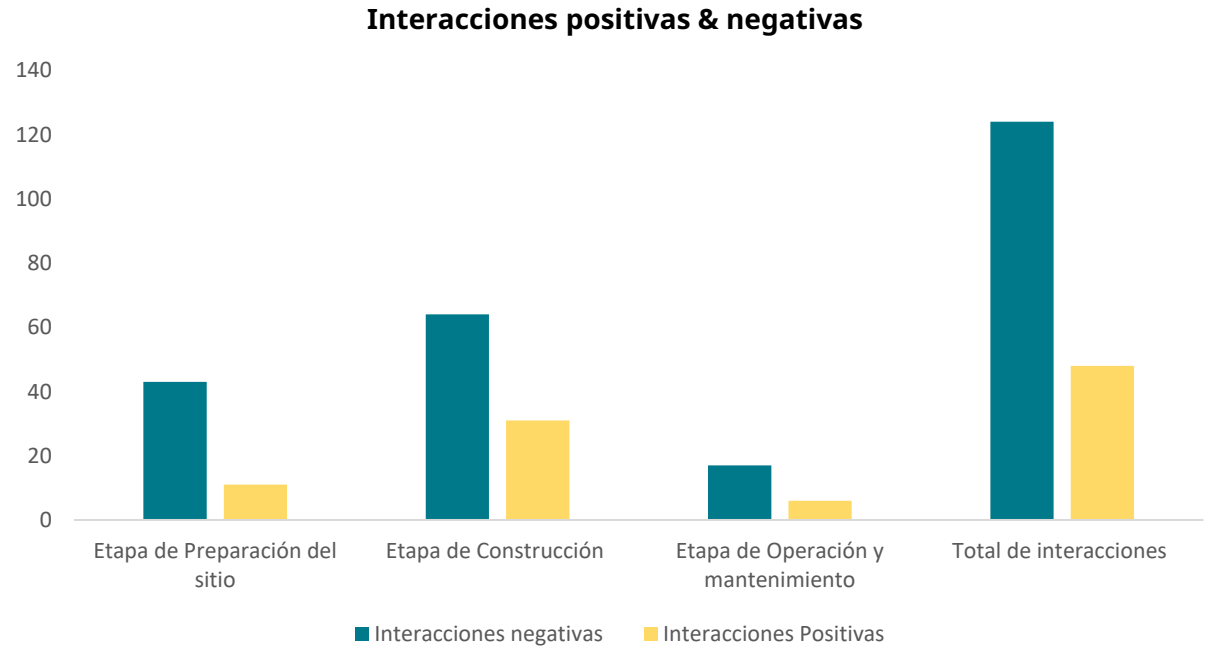



**Figura IV.2. Interacciones positivas negativas en las etapas del proyecto. Elaboración propia.**

Al analizar la distribución de las interacciones adversas por componente ambiental, se observa que la fauna concentra la mayor incidencia, con 37 interacciones. Este resultado obedece directamente a la pérdida de cobertura vegetal y al cambio de uso del suelo, procesos que detonan el desplazamiento o ahuyentamiento temporal de los organismos, así como la potencial generación de barreras físicas que alteran sus patrones de movilidad.

Le sigue el componente atmósfera (calidad del aire), el cual registra 36 interacciones adversas de 37 potenciales. Estas se atribuyen a las actividades constructivas que generan emisiones de partículas suspendidas y Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GyCEI), así como al incremento en los niveles de presión sonora provocado por la operación de maquinaria pesada.

Posteriormente, el componente hidrológico contabiliza 18 interacciones adversas de 19 potenciales, asociadas principalmente a la modificación de los patrones de infiltración superficial, producto de la compactación y la impermeabilización del suelo durante la conformación de las plataformas del estacionamiento. Por su parte, el paisaje suma 12 interacciones de 13 posibles, derivado de la intrusión visual y la alteración temporal de los atributos escénicos naturales.

El componente edafológico (suelo) agrupa 11 interacciones adversas de 13, ligadas a la alteración de los horizontes superficiales y a una mayor susceptibilidad a la erosión hídrica durante los movimientos de tierra. Finalmente, el componente vegetación presenta 7 interacciones adversas directas; si bien numéricamente son menores, corresponden a los impactos permanentes originados por las labores de desmonte y despalme (retiro de la capa vegetal y suelo orgánico) requeridas para el desplante físico del proyecto.

En contraparte, el análisis de las interacciones positivas demuestra que el medio socioeconómico concentra el mayor beneficio, con 42 interacciones. Estas se fundamentan en la generación de empleos directos e indirectos, así como en la dinamización de la economía regional, factores que coadyuvan al mejoramiento de la calidad de vida a nivel local. Finalmente, se identifica 1 interacción positiva vinculada al patrimonio cultural, la cual se deriva de las acciones de prospección y salvaguarda orientadas a la protección del acervo histórico y arqueológico de la nación en la zona del proyecto.

**Tabla IV.12.Interacciones positivas y negativas detectadas por atributo ambiental. Elaboración propia.**

| ATRIBUTO AMBIENTAL | POSITIVAS (+) | NEGATIVAS (-) | TOTAL DE INTERACCIONES |
|---|---|---|---|
| Geoformas | 0 | 4 | 4 |
| Edafología | 2 | 11 | 13 |
| Aire | 1 | 35 | 36 |
| Hidrología | 1 | 18 | 19 |
| Vegetación | 0 | 7 | 7 |
| Fauna | 0 | 37 | 37 |
| Fondo escénico y estético | 1 | 12 | 13 |
| Socioeconómico | 42 | 0 | 42 |
| Patrimonio cultural | 1 | 0 | 1 |
| **Total de interacciones** | 48 | 124 | 172 |

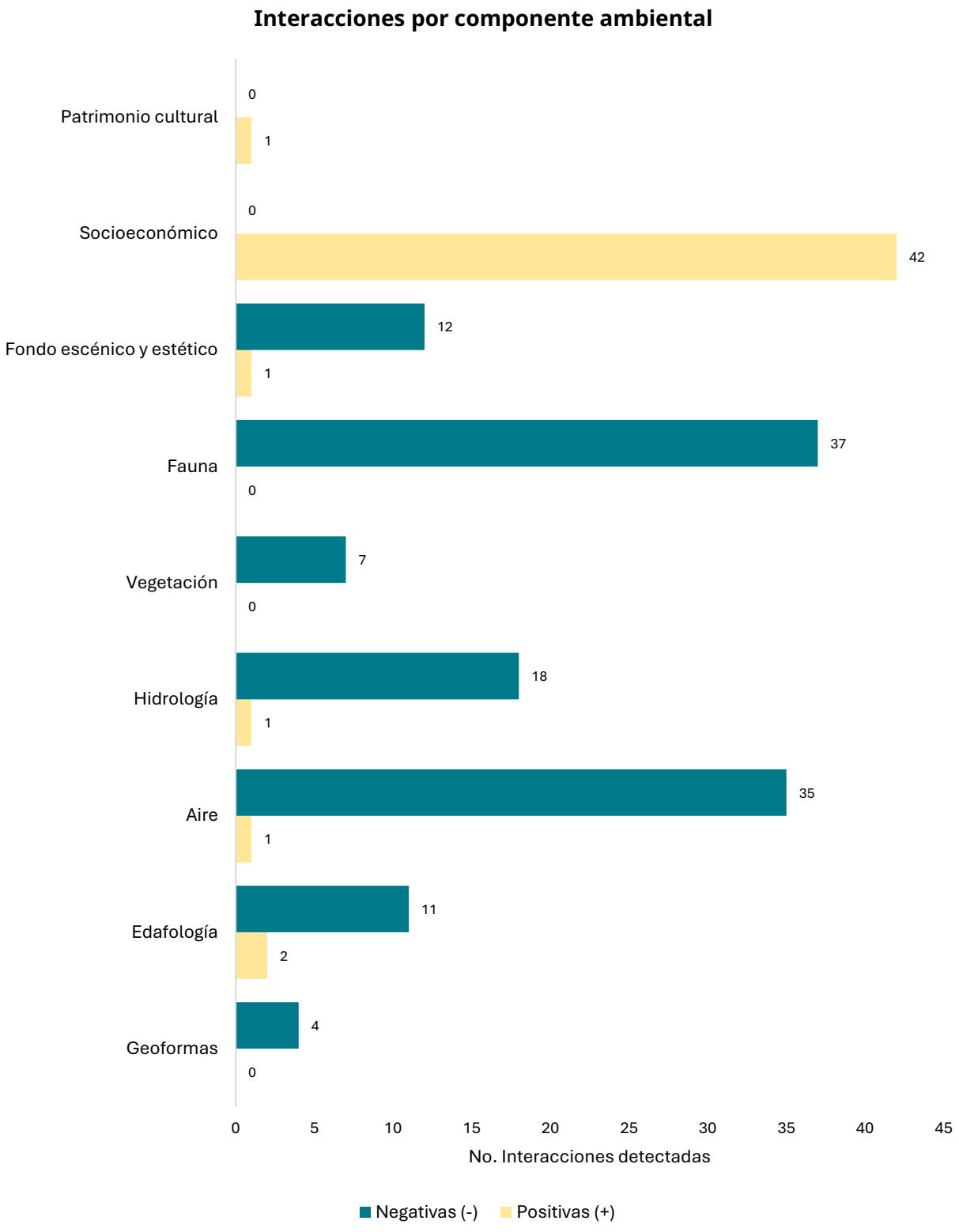



**Figura IV.3. Interacciones por componente ambiental. Elaboración propia.**

**Tabla IV.13. Matriz de causa-efectos. Elaboración propia.**

| MEDIO | COMPONETE AMBIENTAL | FACTOR AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO | PREPARACION DEL SITIO | | | | | | CONSTRUCCIÓN | | | | | | | | | | | | | | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | Construcción de terracerías y conformación de la estructura del estacionamiento | | | | | | Obras complementarias | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Contratación de personal de obra y adquisición de insumos | Delimitación y alineación horizontal y vertical del trazo del Proyecto | Desmonte | Despalme | Prospección y salvamento arqueológico | SUBTOTAL | Cortes tipo caja al terreno natural | Formación de la capa de pedraplén | Formación de la capa subrasante | Colocación de material de sascab | Colocación de base hidráulica | Acarreo de materiales | Construcción de banquetas, guarniciones y jardineras | Construcción e instalación de cubiertas con estructura metálica | Instalación de paneles fotovoltáicos | Instalación de luminarias | Acabado (instalación de elementos estéticos y funcionales) | Instalación de señalamientos | Limpieza y Retiro de maquinaria y equipo | SUBTOTAL | Operación del estacionamiento | Entrada y salida de vehículos | Mantenimiento general del estacionamiento | SUBTOTAL | TOTAL |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | **5** | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 | 18 | 19 | **13** | 20 | 21 | # | **3** | **21** |
| Abiótico | Geoformas | Relieve | Cambio en el relieve o microrelieve | | | | X | X | **2** | X | X | | | | | | | | | | | | **2** | | | | **0** | **4** |
| | Edafología | Calidad del suelo | Modificación de las características físicas y químicas del suelo | | | | X | X | **2** | | X | X | X | | X | | | | | | | | **4** | | | | **0** | **6** |
| | | Erodabilidad (pérdida de suelo) | Cambio en el primer horizonte de suelo (eólica / hídrica) | | | X | X | | **2** | X | | | | | | | | | | | | | **1** | | | | **0** | **3** |
| | | Permeabilidad del suelo | Reducción de la infiltración de agua por compactación de suelo | | | | | | **0** | | X | | | X | | | | | | | | | **2** | | | | **0** | **2** |
| | | Composición del suelo | Pérdida de materia orgánica | | | X | X | | **2** | | | | | | | | | | | | | | **0** | | | | **0** | **2** |
| | Aire | Calidad el aire | Aumento en la emisión de GYCEI y Partículas suspendidas | | | | X | X | **2** | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | **X** | **8** | X | X | X | **3** | **13** |
| | | Temperatura | Aumento de temperatura del aire | | | X | | | **1** | | | | | X | | X | X | | | | | | **3** | | | | **0** | **4** |
| | | Confort sonoro | Aumento en los niveles de ruido | | X | X | X | X | **4** | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | **X** | **12** | X | X | X | **3** | **19** |
| | Hidrología | Recarga de acuíferos | Variación en las superficies de infiltración y fujo subterraneo | | | X | | | **1** | | X | X | X | X | | | | | | | | | **4** | | | | **0** | **5** |
| | | Dinámica hidrológica | Alteración en los patrones naturales de escorrentía | | | X | | | **1** | X | | X | X | X | | | | | | | | | **4** | | | | **0** | **5** |
| | | Calidad del agua | Cambio en las características fisicoquímicas del agua | | | | | X | **1** | X | X | X | X | X | | | | | | | | | **5** | X | X | X | **3** | **9** |
| Biótico | Vegetación | Diversidad de la vegetación | Afectación de especies e individuos de flora | | | X | X | | **2** | | | | | | | | | | | | | | **0** | | | | **0** | **2** |

| MEDIO | COMPONETE AMBIENTAL | FACTOR AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO | PREPARACION DEL SITIO | | | | | | CONSTRUCCIÓN | | | | | | | | | | | | | | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | Construcción de terracerías y conformación de la estructura del estacionamiento | | | | | | Obras complementarias | | | | | | | | | | | |
| | | | | Contratación de personal de obra y adquisición de insumos | Delimitación y alineación horizontal y vertical del trazo del Proyecto | Desmonte | Despalme | Prospección y salvamento arqueológico | SUBTOTAL | Cortes tipo caja al terreno natural | Formación de la capa de pedraplen | Formación de la capa subrasante | Colocación de material de sascab | Colocación de base hidráulica | Acarreo de materiales | Construcción de banquetas, guarniciones y jardineras | Construcción e instalación de cubiertas con estructura metálica | Instalación de paneles fotovoltáicos | Instalación de luminarias | Acabado (instalación de elementos estéticos y funcionales) | Instalación de señalamientos | Limpieza y Retiro de maquinaria y equipo | SUBTOTAL | Operación del estacionamiento | Entrada y salida de vehículos | Mantenimiento general del estacionamiento | SUBTOTAL | TOTAL |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 | 18 | 19 | 13 | 20 | 21 | # | 3 | 21 |
| | | (riqueza de especies) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Especies protegidas | Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT | | | X | X | | 2 | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | 0 | 2 |
| | | Abundancia de la vegetación | Afectación del número de individuos de cada especie | | | X | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | 0 | 1 |
| | | Cobertura vegetal | Pérdida de la cobertura vegetal | | | X | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | 0 | 1 |
| | | Captura de carbono | Cambio en la capacidad de captura de carbono | | | X | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | 0 | 1 |
| | Fauna | Diversidad de la fauna | Afectación de especies e individuos de fauna | | | X | X | | 2 | | | | | | | | | | X | | | X | 2 | X | | | 1 | 5 |
| | | Especies protegidas | Afectación de especies e individuos de fauna incluidos en la NOM-059-SEMARNAT | | | X | X | | 2 | | | | | | | | | | | | | | 0 | X | | | 1 | 3 |
| | | Abundancia de la fauna | Perturbación por contaminación auditiva y lumínica | | X | X | | X | 3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 13 | X | X | X | 3 | 19 |
| | | Hábitat faunístico | Modificación y pérdida de hábitat | | | X | | X | 2 | | | | | X | | | | | | | | | 1 | | | | 0 | 3 |
| | | Patrones de distribución | Modificación de las rutas de desplazamiento | | | X | | X | 2 | X | | | | | | | | | X | | | | 2 | X | | | 1 | 5 |
| | | Importancia biológica | Modificación de la composición y estructura de las comunidades de fauna | | | X | X | | 2 | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | 0 | 2 |
| Paisaje | Fondo escénico y estético | Calidad escénica | Alteración en la calidad visual del paisaje por la modificación de sus componentes naturales | | | X | | X | 2 | X | | X | X | X | | | X | | | | | X | 6 | X | X | | 2 | 10 |
| | | Fragilidad | Modificación de superficies de conservación | | | X | X | | 2 | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | 0 | 2 |

| MEDIO | COMPONETE AMBIENTAL | FACTOR AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO | PREPARACION DEL SITIO | | | | | | CONSTRUCCIÓN | | | | | | | | | | | | | | | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | Construcción de terracerías y conformación de la estructura del estacionamiento | | | | | | Obras complementarias | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Contratación de personal de obra y adquisición de insumos | Delimitación y alineación horizontal y vertical del trazo del Proyecto | Desmonte | Despalme | Prospección y salvamento arqueológico | **SUBTOTAL** | Cortes tipo caja al terreno natural | Formación de la capa de pedraplen | Formación de la capa subrasante | Colocación de material de sascab | Colocación de base hidráulica | Acarreo de materiales | Construcción de banquetas, guarniciones y jardineras | Construcción e instalación de cubiertas con estructura metálica | Instalación de paneles fotovoltáicos | Instalación de luminarias | Acabado (instalación de elementos estéticos y funcionales) | Instalación de señalamientos | Limpieza y Retiro de maquinaria y equipo | **SUBTOTAL** | Operación del estacionamiento | Entrada y salida de vehículos | Mantenimiento general del estacionamiento | **SUBTOTAL** | **TOTAL** |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | **5** | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 | 18 | 19 | **13** | 20 | 21 | # | **3** | **21** |
| | | Visibilidad | Modificación de la cuenca visual | | | X | | | **1** | | | | | | | | | | | | | | **0** | | | | **0** | **1** |
| Económico | Socioeconómico | Generación de empleo | Cambio en la tasa de empleos formales | X | X | X | X | X | **5** | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | **13** | X | X | X | **3** | **21** |
| | | Economía local | Incremento del nivel socioeconómico | X | X | X | X | X | **5** | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | **13** | X | X | X | **3** | **21** |
| Cultural | Patrimonio cultural | Sitios arqueológicos | Incremento y difusión de bienes culturales de la Nación | | | | | X | **1** | | | | | | | | | | | | | | **0** | | | | **0** | **1** |
| **Total de Impactos detectados** | | **28** | **28** | **2** | **4** | **22** | **14** | **12** | **54** | **11** | **10** | **10** | **10** | **12** | **6** | **6** | **6** | **4** | **6** | **4** | **3** | **7** | **95** | **10** | **7** | **6** | **23** | **172** |

A partir de la matriz de interacciones previamente construida para el proyecto, se desarrolló un catálogo estructurado y jerarquizado de Impactos Ambientales. Este paso metodológico fue fundamental para transitar de una identificación preliminar de relaciones causa-efecto a una evaluación profunda. El proceso de sistematización consistió en consolidar las interacciones redundantes y agrupar aquellos cruces que responden a un mismo mecanismo de alteración o cambio. De este modo, se depuró el universo de datos para priorizar y aislar aquellos impactos que, por su naturaleza, dinámica o efectos sinérgicos, poseen el potencial real de modificar los procesos funcionales y sistémicos dentro de la Región Ecológica, los cuales requieren una caracterización y valoración en las etapas subsecuentes del estudio. Como resultado de este ejercicio de consolidación y de la categorización basada en los distintos factores ambientales —abarcando el medio abiótico (suelo, agua, aire), el medio biótico (flora y fauna) y el medio socioeconómico—, se logró identificar un total de 28 impactos ambientales potenciales.

Del universo total identificado, los resultados determinan una predominancia de alteraciones de naturaleza adversa con 25 impactos. De acuerdo con su Valor de Importancia (IMP), estos se categorizan de la siguiente manera: 4 impactos severos, que inciden directamente sobre la dinámica hidrológica, la cobertura vegetal y la calidad y fragilidad escénica, derivados principalmente de las labores de desmonte, 20 impactos moderados y 1 impacto bajo. En contraparte, se registraron 3 impactos benéficos adscritos al medio socioeconómico, producto de la generación de empleos y la dinamización económica local. La distribución de los impactos destaca la necesidad técnica de focalizar las estrategias preventivas y de mitigación en los factores de mayor vulnerabilidad, garantizando así la integridad de Región Ecológica y la viabilidad del proyecto.

**Tabla IV.14. Clasificación de los Impactos Ambientales identificados de acuerdo con la importancia del impacto. Elaboración propia.**

| Valor de Importancia (IMP) | Impactos ambientales | |
|---|---|---|
| | Negativos (-) | Positivos (+) |
| Bajo | 1 | 0 |
| Moderado | 20 | 3 |
| Severo | 4 | 0 |
| Crítico | 0 | 0 |
| **Total** | **25** | **3** |

A continuación, se presenta la valoración detallada de los impactos ambientales categorizados por componente y factor de la RE. El análisis se fundamenta en la metodología de Vicente Conesa Fernández-Vítora, la cual determina el Valor de Importancia (IMP) de cada impacto mediante la integración y ponderación de diversos atributos cuali-cuantitativos. Este modelo evalúa la naturaleza, intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación, relación causa-efecto y periodicidad de cada alteración identificada. La cuantificación matemática de estos parámetros permite jerarquizar objetivamente las afectaciones y orientar, de manera estratégica, el diseño de las medidas de mitigación y los programas de seguimiento ambiental, empleando el siguiente algoritmo:

$$IMP= \pm NAT[3(INT)+2(EXT)+SIN+PERS+EF+MOM+ACU+REC+REV+PER]$$


Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

**Tabla IV.15. Valoración de los impactos ambientales. Elaboración propia.**

| Medio | Componente | Factor ambiental | Impacto | ID | Etapa del proyecto que impacta | | | VALORACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE CADA IMPACTO | | | | | | | | | | | | CATEGORIA [<25 mínimo o positivo];[ >25 moderado <50 ];[>50 severo <75 ] | TIPO DE IMPACTO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | P | C | OyM | NAT | INT | EXT | SIN | PERS | EF | MOM | ACU | REC | REV | PER | IMP | | |
| Abiótico | Geoformas | Relieve | Cambio en el relieve o microrelieve | 1 | √ | √ | - | -1 | 3 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 1 | 35 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | Edafología | Calidad del suelo | Modificación de las características físicas y químicas del suelo | 2 | √ | √ | √ | -1 | 6 | 1 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 | 1 | 1 | 42 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | | Erodabilidad (pérdida de suelo) | Cambio en el primer horizonte de suelo (eólica / hídrica) | 3 | √ | √ | - | -1 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | 2 | 1 | 28 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | | Permeabilidad del suelo | Reducción de la infiltración de agua por compactación de suelo | 5 | √ | √ | - | -1 | 5 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 1 | 38 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | | Composición del suelo | Pérdida de materia orgánica | 6 | √ | - | - | -1 | 4 | 1 | 2 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 38 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | Aire | Calidad el aire | Aumento en la emisión de GYCEI y Partículas suspendidas | 7 | √ | √ | √ | -1 | 7 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 40 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | | Temperatura | Aumento de temperatura del aire | 8 | √ | √ | - | -1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 25 | **BAJO** | NEGATIVO |
| | | Acústica | Aumento en los niveles de ruido | 9 | √ | √ | √ | -1 | 6 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 37 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | Hidrología | Recarga de acuíferos | Variación en las superficies de infiltración | 10 | √ | √ | - | -1 | 5 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 40 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | | Dinámica hidrológica | Alteración en los patrones naturales de escorrentía | 11 | √ | √ | √ | -1 | 6 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 8 | 4 | 1 | 51 | **SEVERO** | NEGATIVO |
| | | Calidad del agua | Cambio en las características fisicoquímicas del agua | 12 | √ | √ | √ | -1 | 6 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 41 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| Biótico | Vegetación | Diversidad de la vegetación (riqueza de especies) | Afectación de especies e individuos de flora | 14 | √ | √ | - | -1 | 5 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 47 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | | Especies protegidas | Afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT | 15 | √ | √ | - | -1 | 3 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 41 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | | Abundancia de la vegetación. | Afectación del número de individuos de cada especie | 16 | √ | √ | - | -1 | 5 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 47 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | | Cobertura vegetal | Pérdida de la cobertura vegetal | 17 | √ | - | - | -1 | 6 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 52 | **SEVERO** | NEGATIVO |
| | | Captura de carbono | Cambio en la capacidad de captura de carbono | 19 | √ | - | - | -1 | 4 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 44 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | Fauna | Diversidad de la fauna | Afectación de especies e individuos de fauna | 20 | √ | √ | √ | -1 | 5 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | 36 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | | Especies protegidas | Afectación de especies e individuos de fauna incluidos en la NOM-059-SEMARNAT | 21 | √ | √ | √ | -1 | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | 33 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | | Abundancia de la fauna | Perturbación por contaminación auditiva y lumínica | 22 | √ | √ | √ | -1 | 6 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 42 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | | Hábitat faunístico | Modificación y pérdida de hábitat | 23 | √ | √ | - | -1 | 6 | 1 | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 46 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | | Patrones de distribución | Modificación de las rutas de desplazamiento | 24 | √ | √ | √ | -1 | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 36 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| | | Importancia biológica | Modificación de la composición y estructura de las comunidades de fauna | 26 | √ | - | - | -1 | 3 | 1 | 2 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 38 | **MODERADO** | NEGATIVO |
| Paisaje | Fondo escénico y estético | Calidad escénica | Modificación de la calidad del paisaje | 27 | √ | √ | √ | -1 | 7 | 1 | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 8 | 4 | 1 | 53 | **SEVERO** | NEGATIVO |
| | | Fragilidad | Modificación de superficies de conservación | 28 | √ | - | - | -1 | 6 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 52 | **SEVERO** | NEGATIVO |
| | | Visibilidad | Modificación de la cuenca visual | 29 | √ | - | - | -1 | 5 | 1 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 8 | 4 | 4 | 44 | **MODERADO** | NEGATIVO |

| Medio | Componente | Factor ambiental | Impacto | ID | Etapa del proyecto que impacta | | | VALORACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE CADA IMPACTO | | | | | | | | | | | | CATEGORIA [<25 mínimo o positivo];[ >25 moderado <50 ];[>50 severo <75 ] | TIPO DE IMPACTO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | P | C | OyM | NAT | INT | EXT | SIN | PERS | EF | MOM | ACU | REC | REV | PER | IMP | | |
| Económico | Socioeconómico | Generación de empleo | Cambio en la tasa de empleos formales | 30 | √ | √ | √ | 1 | 5 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 1 | 46 | **MODERADO** | POSITIVO |
| | | Economía local | Incremento del nivel socioeconómico | 31 | √ | √ | √ | 1 | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 1 | 43 | **MODERADO** | POSITIVO |
| Cultural | Patrimonio cultural | Sitios arqueológicos | Incremento y difusión de bienes culturales de la Nación | 35 | √ | √ | - | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 1 | 8 | 4 | 1 | 35 | **MODERADO** | POSITIVO |

Con base en los resultados cuantitativos arrojados por la valoración metodológica, a continuación, se presenta la caracterización descriptiva de los efectos y alteraciones previstas para cada uno de los componentes de los medios biofísico y socioeconómico de la Región Ecológica:

## IV.1.4 Descripción de los impactos ambientales del proyecto y medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración

**Tabla IV.16. Descripción de los impactos ambientales del proyecto y medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración. Elaboración propia.**

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Preparación del sitio y Construcción | Despalme<br>Prospección y salvamento arqueológico<br>Cortes tipo caja al terreno natural<br>Formación de la capa de pedraplén | **Geoformas (Relieve)** | Cambio en el relieve o microrelieve | **NAT: - \| INT: 3 \| EXT: 1 \| SIN: 2 \| PERS: 4 \| EF: 4 \| MOM: 4 \| ACU: 1 \| REC: 4 \| REV: 4 \| PER: 1**<br>**Importancia (I): 35 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>La Intensidad (INT: 3) de este impacto se evalúa en un nivel bajo; si bien el movimiento de tierras no genera una transformación a escala macro-geomorfológica, sí implica la modificación total del microrelieve original dentro del polígono de obra. Por su parte, la Extensión (EXT: 1) se clasifica como puntual, ya que la huella de afectación se restringe a la superficie de desplante de la plataforma del estacionamiento (aproximadamente 1 ha).<br><br>El Efecto (EF: 4) es directo y primario, representando la consecuencia física fundamental del ingreso de maquinaria pesada (tractores, motoconformadoras y excavadoras) para las labores de despalme y corte de caja. Por consiguiente, su Momento (MOM: 4) es de manifestación inmediata, iniciando en el instante exacto en que comienzan las terracerías. Estos cambios presentan una Persistencia (PERS: 4) permanente, puesto que la nueva planimetría estructurada prevalecerá durante toda la vida útil del proyecto. Bajo esta misma premisa, el impacto es Irreversible (REV: 4) por medios naturales, haciendo imposible que el terreno recupere su morfología original de forma autónoma. No obstante, su Recuperabilidad (REC: 4) es mitigable a través de intervenciones de diseño topográfico y paisajístico.<br><br>Desde una perspectiva ecosistémica, la modificación del relieve presenta Sinergia (SIN: 2), dado que la alteración de las pendientes naturales modifica los patrones de escurrimiento superficial, | Nivelación del terreno por actividades de trazo, desmonte y despalme, alterando la topografía original. | **P01**<br>**P07**<br>**M01**<br>**M02** |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | incrementa el riesgo de erosión hídrica en áreas desprovistas de cobertura y altera la calidad visual del entorno. Se considera un impacto de Acumulación simple (ACU: 1), ya que los volúmenes de corte se suman a las modificaciones topográficas históricas del área.<br><br>La pérdida de la topografía original para dar paso a una plataforma antropizada es una condición inherente y estrictamente necesaria para la viabilidad operativa de la infraestructura. Por lo tanto, el enfoque de la estrategia ambiental no radica en revertir este impacto, sino en controlarlo mediante obras de drenaje pluvial eficientes, una adecuada compactación de los terraplenes para prevenir hundimientos, y el control de la erosión para facilitar la posterior restauración edáfica y vegetal en las áreas ajardinadas. | | |
| 2 | Preparación del sitio y Construcción | Despalme<br>Prospección y salvamento arqueológico<br>Cortes tipo caja al terreno natural<br>Formación de la capa de pedraplén<br>Formación de la capa subrasante<br>Colocación de material de sascab<br>Acarreo de materiales | **Edafología (Calidad del suelo)** | Modificación las características fisicoquímicas del suelo | **NAT: - \| INT: 6 \| EXT: 1 \| SIN: 4 \| PERS: 2 \| EF: 4 \| MOM: 2 \| ACU: 4 \| REC: 4 \| REV: 1 \| PER: 1**<br>**Importancia (I): 42 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>El riesgo derivado del manejo de sustancias químicas (hidrocarburos, metales pesados, solventes y lubricantes) empleadas por la maquinaria confiere a este impacto una Intensidad de media a alta (INT: 6). La toxicidad intrínseca de estos materiales implica que una pequeña cantidad de hidrocarburos puede alterar drásticamente las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, inhibiendo la actividad microbiana y anulando su fertilidad. Su Efecto (EF: 4) es directo, puesto que el contacto del contaminante con el sustrato provoca una degradación inmediata del horizonte edáfico.<br><br>No obstante su toxicidad, el efecto espacial está confinado. Su Extensión (EXT: 1) se clasifica como puntual, al restringirse a los polígonos de construcción y a los frentes de trabajo activo (como patios de maniobra o zonas de mantenimiento). El Momento de manifestación se considera a mediano plazo (MOM: 2), dado que la alteración comienza en el instante del derrame | Potencial contaminación accidental por derrames de hidrocarburos, alterando las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo. | **P01<br>P02<br>P03<br>P04<br>P05<br>P06<br>P07<br>M03** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | accidental sobre suelo no impermeabilizado, pero su impacto funcional sobre el ecosistema se manifiesta progresivamente. Al obedecer a incidentes accidentales (fugas, goteos) y no a descargas programadas, presenta una Periodicidad irregular (PER: 1).<br><br>Los hidrocarburos presentan una Persistencia temporal (PERS: 2) en el ambiente. Tratándose de derrames menores, su Reversibilidad natural (REV: 1) se estima a corto plazo gracias a procesos de foto-oxidación, volatilización y atenuación natural pasiva. Sin embargo, si estos eventos accidentales no se atienden de inmediato, su Acumulación es alta (ACU: 4); el goteo constante sin saneamiento satura la capacidad de asimilación del suelo e incrementa la magnitud del daño ambiental.<br><br>El atributo de mayor peso es su Sinergia alta (SIN: 4), justificada por el riesgo de efectos en cadena. Considerando la naturaleza del suelo, un derrame no contenido no solo degrada el suelo superficial, sino que puede lixiviarse rápidamente o ser arrastrado por escorrentía, alcanzando cuerpos de agua subterránea y magnificando el nivel del impacto.<br><br>Frente a esta vulnerabilidad, la Recuperabilidad del suelo se evalúa como mitigable (REC: 4). Mediante la aplicación de protocolos de respuesta a emergencias ambientales —uso de barreras de contención, tapetes absorbentes, y la remoción expedita del suelo contaminado para su envío a confinamiento autorizado—, el área afectada puede ser saneada, previniendo alteraciones residuales severas en la Región Ecológica. | | |
| 3 | Preparación del sitio y Construcción | Despalme Prospección y salvamento arqueológico Cortes tipo caja al terreno natural | **Edafología (Erodabilidad)** | Cambio en el primer horizonte del suelo (erosión hídrica y eólica) | **NAT: - \| INT: 4 \| EXT: 1 \| SIN: 1 \| PERS: 2 \| EF: 1 \| MOM: 2 \| ACU: 1 \| REC: 4 \| REV: 2 \| PER: 1**<br>**Importancia (I): 28 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>Durante la fase de preparación del sitio y construcción, se llevará a cabo la remoción y modificación del sustrato natural. | Pérdida del horizonte orgánico edáfico (capa fértil) durante el despalme, dejándolo expuesto a la erosión. | **P07 M02 M05** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Específicamente, el despalme requerido para el desplante del pedraplén y terraplén del estacionamiento eliminará la capa edáfica (horizonte orgánico superficial). Esto dejará el material subyacente expuesto a la acción de agentes erosivos como el viento y la precipitación pluvial. El Efecto de este impacto es indirecto (EF: 1), ya que la erosión no es producida por la maquinaria en sí, sino que es la consecuencia secundaria de haber retirado la cobertura vegetal y edáfica. La Intensidad se evalúa como media-baja (INT: 4); si bien la conformación de la plataforma de estacionamiento requiere abarcar una superficie extensa, la remoción es superficial, limitándose estrictamente al volumen necesario para alojar la estructura base.<br><br>Espacialmente, presenta una Extensión puntual (EXT: 1), ya que el despalme y el riesgo de arrastre de material particulado por escorrentía se circunscriben al polígono de obra autorizado y sus partes bajas. Su Momento de manifestación es a mediano plazo (MOM: 2), puesto que la vulnerabilidad erosiva no ocurre en el instante exacto del corte, sino que se materializa paulatinamente cuando se presentan lluvias o vientos fuertes sobre el suelo desnudo.<br><br>Un factor clave es que su Persistencia es temporal (PERS: 2). El proceso activo de erosión tendrá una duración corta, ya que el perfil de suelo natural expuesto será sustituido y sellado de forma definitiva por una estructura de ingeniería (pedraplén, terraplén y la base hidráulica), lo que detendrá el desgaste físico del sustrato durante la vida útil de la obra. Por este mismo motivo, la Reversibilidad del proceso erosivo se considera a corto plazo (REV: 2); aunque la edafogénesis (formación de nuevo suelo) tarda milenios, el proceso de erosión se frena rápidamente por medios mecánicos o mediante el establecimiento de la infraestructura. | | |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Se clasifica como un impacto de Acumulación simple (ACU: 1), dado que los volúmenes de suelo removidos se suman marginalmente al déficit edáfico de la región, sin generar un incremento exponencial. Presenta una Sinergia ligera (SIN: 1), interactuando de forma menor con el aumento temporal de escurrimientos. Su Periodicidad es irregular (PER: 1), puesto que los eventos erosivos dependen de las condiciones meteorológicas (tormentas, ráfagas). Finalmente, su Recuperabilidad es mitigable (REC: 4); el material erosionado o despalmado puede ser contenido mediante barreras físicas y reutilizado para el enriquecimiento y revegetación de las áreas verdes o de amortiguamiento del proyecto. | | |
| 4 | Preparación del sitio y Construcción | Formación de la capa de pedraplén Colocación de base hidráulica | **Edafología (Permeabilidad del suelo)** | Posible reducción de la infiltración de agua por compactación del suelo | **NAT: - \| INT: 5 \| EXT: 1 \| SIN: 2 \| PERS: 4 \| EF: 1 \| MOM: 1 \| ACU: 4 \| REC: 4 \| REV: 4 \| PER: 1**<br>**Importancia (I): 38 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>La Intensidad (INT: 5) de esta afectación se evalúa como media-alta. Esto se debe a que la conformación del terraplén y la compactación mecánica que exige la viabilidad estructural del proyecto disminuyen drásticamente la permeabilidad natural del terreno edáfico. Por su parte, la Extensión se clasifica como puntual (EXT: 1), dado que el sellado del sustrato se circunscribe estrictamente a la huella constructiva del estacionamiento.<br><br>Este fenómeno representa un Efecto indirecto (EF: 1), ya que la disminución de la infiltración es una consecuencia secundaria originada por la densificación del suelo y el emplazamiento de la plataforma del estacionamiento. Su Momento de manifestación se evalúa a largo plazo o de forma diferida (MOM: 1); si bien la maquinaria compacta el terreno durante la obra, la alteración real sobre el balance hidrológico subterráneo y la merma en la recarga del acuífero es un proceso que acumula sus efectos con el paso del tiempo.<br><br>Destaca su Acumulación alta (ACU: 4), dado que la pérdida de esta superficie de infiltración se suma | Disminución de la permeabilidad del suelo, limitando parcialmente la recarga del acuífero local. | **P01 P08 M07 M09 C01** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | a la impermeabilización histórica generada por otras infraestructuras urbanas y turísticas en la Región Ecológica, un factor crítico tratándose del sistema kárstico de la Península de Yucatán. Asimismo, presenta una Periodicidad irregular (PER: 1), ya que la interrupción del ciclo de infiltración se materializa y percibe únicamente cuando ocurren eventos de precipitación pluvial.<br><br>En cuanto a su Persistencia, el valor asignado es permanente (PERS: 4), manteniéndose durante toda la vida útil del proyecto. En consecuencia, desde la perspectiva ecosistémica, el impacto es Irreversible (REV: 4) por medios naturales. Su Recuperabilidad (REC: 4) exige la implementación de intervenciones de ingeniería y diseño ambiental, haciendo indispensables la construcción de sistemas de drenaje pluvial, mantener áreas permeables dentro del estacionamiento, y el escarificado o descompactación del suelo en las áreas verdes o de amortiguamiento libres de infraestructura.<br><br>Finalmente, esta alteración presenta una Sinergia moderada (SIN: 2), puesto que la pérdida de capacidad de infiltración interactúa con la topografía modificada, alterando los patrones de escurrimiento superficial e incrementando el riesgo de erosión hídrica en las zonas aledañas. | | |
| 5 | Preparación del sitio | Desmonte<br>Despalme | **Edafología (Composición del suelo)** | Pérdida de materia orgánica | **NAT: - \| INT: 4 \| EXT: 1 \| SIN: 2 \| PERS: 4 \| EF: 1 \| MOM: 4 \| ACU: 4 \| REC: 4 \| REV: 4 \| PER: 1**<br>**Importancia (I): 38 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>La Intensidad (INT: 4) de esta afectación se evalúa en un nivel medio. Si bien la remoción de la cobertura vegetal y la consecuente pérdida de materia orgánica comprometen una parte importante de la huella de afectación, el impacto no representa una eliminación absoluta del predio, sino la supresión del horizonte superficial (capa edáfica). Su Extensión se clasifica como puntual (EXT: 1), ya que el impacto se restringe y concentra en los polígonos que actualmente presentan cobertura forestal dentro del sitio | Retiro de la capa vegetal y humus, reduciendo la disponibilidad de nutrientes para la regeneración natural. | **P01<br>P07<br>M02** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | proyectado para el estacionamiento, que es donde se aloja la mayor concentración de biomasa y materia orgánica.<br><br>Este fenómeno genera un Efecto indirecto (EF: 1), puesto que la pérdida del sustrato orgánico y la interrupción del ciclado de nutrientes son consecuencias secundarias derivadas de las labores físicas de desmonte y despalme. Su manifestación presenta un Momento inmediato (MOM: 4); el impacto se detona de forma simultánea a las actividades de limpieza del terreno, evidenciándose la supresión de la capa orgánica en una ventana de tiempo muy corta. Presenta una Periodicidad irregular (PER: 1), ya que la afectación ocurre únicamente durante el evento único de remoción del sustrato durante la etapa de preparación del sitio, cesando una vez concluida esta actividad.<br><br>Pese a lo acotado de su ejecución, los cambios estructurales tienen una Persistencia permanente (PERS: 4), dado que la materia orgánica removida no podrá regenerarse bajo la infraestructura del estacionamiento durante toda la vida útil del proyecto. Desde un enfoque ecosistémico, el impacto resulta Irreversible (REV: 4) por medios naturales. No obstante, la Recuperabilidad (REC: 4) es factible mediante la intervención humana, haciendo esencial la aplicación de medidas de rescate, almacenamiento y reutilización del suelo rico en materia orgánica para el enriquecimiento de las áreas verdes remanentes y la compensación mediante reforestación con especies nativas.<br><br>Finalmente, la alteración presenta una Sinergia moderada (SIN: 2). La remoción combinada de vegetación y suelo orgánico desencadena efectos secundarios significativos, incrementando la vulnerabilidad a la erosión y mermando la calidad del paisaje circundante. Constituye además un impacto de Acumulación alta (ACU: 4), ya que la pérdida de esta porción de sustrato orgánico se | | |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | suma de manera sinérgica a los procesos históricos de antropización y cambio de uso de suelo documentados en la Región Ecológica. | | |
| 6 | Preparación del sitio, Construcción y Operación | Despalme<br>Prospección y salvamento arqueológico<br>Cortes tipo caja al terreno natural<br>Formación de la capa de pedraplén<br>Formación de la capa subrasante<br>Colocación de material de sascab<br>Colocación de base hidráulica<br>Acarreo de materiales<br>Construcción de banquetas, guarniciones y jardineras<br>Limpieza y Retiro de maquinaria y equipo<br>Operación del estacionamiento<br>Entrada y salida de vehículos<br>Mantenimiento general del estacionamiento | **Aire (Calidad del aire)** | Aumento en la emisión de GEI, partículas suspendidas y contaminantes atmosféricos | **NAT: - \| INT: 7 \| EXT: 2 \| SIN: 1 \| PERS: 1 \| EF: 1 \| MOM: 4 \| ACU: 1 \| REC: 4 \| REV: 1 \| PER: 1**<br>**Importancia (I): 40 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>Durante las fases de preparación del sitio y construcción, el uso intensivo de maquinaria pesada (tractores, excavadoras, motoconformadoras y camiones de volteo) resulta indispensable para el movimiento de tierras y la conformación estructural del pedraplén y el terraplén. Los motores de combustión interna de estos equipos, impulsados principalmente por diésel, emiten a la atmósfera diversos contaminantes criterio (NOx, SOx, CO) y Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GyCEI). Conjuntamente, el movimiento mecánico del terreno genera material particulado (PM10 y PM2.5).<br><br>La Intensidad de esta afectación se evalúa en un nivel medio-alto (INT: 7) dentro del microambiente de trabajo, debido a que las concentraciones de gases y polvos fugitivos pueden ser claramente perceptibles y rebasar momentáneamente las condiciones de la línea base atmosférica en los frentes de obra. Sin embargo, su Extensión se clasifica como parcial (EXT: 2), dado que las emisiones se circunscriben a los polígonos donde opera la maquinaria; los contaminantes experimentan una rápida dilución al interactuar con las corrientes de viento dominantes, alejándose del punto de emisión.<br><br>Representa un Efecto indirecto (EF: 1), ya que la alteración de la calidad del aire es una externalidad derivada de la combustión de hidrocarburos y la fricción mecánica de los equipos, no el fin último de la actividad constructiva. Su Momento de manifestación es inmediato (MOM: 4); la modificación atmosférica | Generación de polvo (PM10, PM2.5) y gases de combustión por maquinaria y vehículos durante las fases de obra civil. | **P03**<br>**P05**<br>**P07**<br>**P08**<br>**P09**<br>**M04**<br>**M05** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ocurre en el instante exacto en que los motores se encienden y el suelo desnudo es removido.<br><br>Dada la dinámica de los gases, estos cambios presentan una Persistencia fugaz (PERS: 1). Los contaminantes no se estancan en la atmósfera local, sino que son dispersados velozmente por las condiciones meteorológicas. Por ello, la Reversibilidad del impacto es a corto plazo por medios naturales (REV: 1); una vez que la maquinaria cesa su operación al término de la jornada o de la etapa constructiva, el aire recupera sus parámetros originales en cuestión de horas. Presenta una Periodicidad irregular (PER: 1), al depender de los horarios de trabajo y los ciclos de aceleración de los equipos.<br><br>La alteración posee una Sinergia simple (SIN: 1), ya que la combinación de gases de escape y polvos suspendidos degrada temporalmente la calidad del aire local. Se tipifica como un impacto de Acumulación simple (ACU: 1), pues, aunque aporta de manera marginal al inventario global de emisiones, no genera una alteración exponencial en la Región Ecológica. Finalmente, su Recuperabilidad se evalúa como mitigable (REC: 4); las emisiones pueden controlarse eficientemente mediante el mantenimiento mecánico preventivo de los equipos (verificación de emisiones) y la humectación sistemática (riego) de la terracería y áreas despalmadas del proyecto. | | |
| 7 | Preparación del sitio y Construcción | Desmonte<br>Colocación de base hidráulica<br>Construcción de banquetas, guarniciones y jardineras | **Aire (Temperatura)** | Aumento de la temperatura del aire | **NAT: - \| INT: 2 \| EXT: 1 \| SIN: 1 \| PERS: 2 \| EF: 1 \| MOM: 4 \| ACU: 4 \| REC: 1 \| REV: 1 \| PER: 2**<br>**Importancia (I): 25 — BAJO (NEGATIVO)**<br><br>La Intensidad (INT: 2) de esta afectación se evalúa como baja, dado que el incremento térmico proyectado será mínimo y a una escala estrictamente microclimática. En cuanto a su Extensión (EXT: 1), se clasifica como puntual, ya que el fenómeno de calentamiento por cambio de albedo estará confinado a las superficies | Ligero incremento del albedo y temperatura local al remover la cubierta forestal y establecer superficies pavimentadas. | **P07<br>M04<br>M09<br>C01** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | pavimentadas y desprovistas de dosel forestal dentro del polígono de la obra.<br><br>Este fenómeno genera un Efecto indirecto (EF: 1), puesto que la alteración térmica no es producida por una fuente de calor directa del proyecto, sino que es la consecuencia secundaria de la pérdida de cobertura vegetal y la consecuente reducción de la evapotranspiración. Su manifestación presenta un Momento inmediato (MOM: 4), iniciando de forma simultánea a las actividades de desmonte y despalme. Por su parte, la Periodicidad se evalúa como periódica (PER: 2), debido a que la fluctuación térmica obedece directamente al ciclo diurno, intensificándose durante las horas de mayor incidencia de radiación solar sobre la plancha del estacionamiento.<br><br>Los cambios térmicos presentan una Persistencia temporal (PERS: 2). Desde una perspectiva ecosistémica, el impacto basal es Reversible a corto plazo (REV: 1) de forma natural durante la noche al disiparse el calor; no obstante, para contrarrestar permanentemente el efecto diurno, su Recuperabilidad se clasifica a mediano plazo (REC: 2). Esto responde al tiempo biológico que requieren las especies vegetales nativas —plantadas como medida de mitigación en las áreas ajardinadas y camellones— para madurar, desarrollar follaje y proyectar sombra efectiva que reincorpore la regulación térmica.<br><br>Finalmente, esta alteración exhibe una Sinergia simple (SIN: 1), al interactuar de forma aislada con factores climáticos locales como la humedad relativa. Destaca por ser un impacto de Acumulación alta (ACU: 4), ya que esta ligera variación térmica se suma a la dinámica antropogénica de la zona y al paulatino efecto de isla de calor impulsado por la histórica modificación de la cubierta forestal original en la región. | | |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Preparación del sitio, Construcción y Operación | Despalme<br>Prospección y salvamento arqueológico<br>Cortes tipo caja al terreno natural<br>Formación de la capa de pedraplén<br>Formación de la capa subrasante<br>Colocación de material de sascab<br>Colocación de base hidráulica<br>Acarreo de materiales<br>Construcción de banquetas, guarniciones y jardineras<br>Limpieza y Retiro de maquinaria y equipo<br>Operación del estacionamiento<br>Entrada y salida de vehículos<br>Mantenimiento general del estacionamiento | **Aire (Acústica)** | Incremento en los niveles de ruido | **NAT: - \| INT: 6 \| EXT: 2 \| SIN: 1 \| PERS: 2 \| EF: 1 \| MOM: 4 \| ACU: 1 \| REC: 4 \| REV: 1 \| PER: 1**<br>**Importancia (I): 37 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>La Intensidad (INT: 6) de esta afectación se evalúa en un nivel alto, debido a que las fuentes emisoras móviles (motores a diésel, golpeteo de metales, corte y compactación de materiales) generarán niveles de presión sonora que pueden aproximarse a los límites máximos permisibles —como los establecidos en la NOM-081-SEMARNAT-1994— dentro de los frentes de trabajo activo. Por otro lado, la Extensión se clasifica como parcial (EXT: 2); a diferencia de los impactos edáficos que están confinados a la huella del proyecto, las ondas sonoras se propagan atmosféricamente más allá del polígono de construcción, abarcando una zona de influencia acústica que se atenúa gradualmente a medida que aumenta la distancia desde la fuente emisora.<br><br>Este fenómeno representa un Efecto indirecto (EF: 1). Aunque la emisión sonora es un fenómeno físico directo de la maquinaria, la verdadera consecuencia ambiental que se evalúa es la alteración en el comportamiento de la fauna silvestre y la perturbación temporal del entorno. Su manifestación presenta un Momento inmediato (MOM: 4), ya que la disrupción acústica y el consecuente ahuyentamiento o estrés fisiológico de las especies ocurren en el instante exacto en que la maquinaria inicia operaciones. Asimismo, presenta una Periodicidad irregular (PER: 1), dado que las emisiones no constituyen un ruido constante, sino que fluctúan en función de los ciclos de trabajo, presentando picos de intensidad únicamente durante labores específicas de terracerías.<br><br>Los cambios acústicos presentan una Persistencia temporal (PERS: 2), circunscribiéndose a la duración de la etapa constructiva. Bajo un enfoque ecosistémico, el impacto es totalmente Reversible a corto plazo de forma natural (REV: 1); | Emisiones sonoras intermitentes por operación de maquinaria pesada, ahuyentando a la fauna local. | **P04**<br>**P07**<br>**P08** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | una vez que las actividades cesan al término de la jornada laboral, la energía acústica se disipa y los niveles sonoros regresan de inmediato a su línea base. Por este mismo motivo, se cataloga con Acumulación simple (ACU: 1), ya que, a diferencia de los contaminantes químicos, el ruido no se bioacumula ni se concentra en el medio físico con el paso del tiempo.<br><br>La alteración exhibe una Sinergia simple (SIN: 1), interactuando con otros impactos como la emisión de gases y la remoción de vegetación, lo que en conjunto suma factores de estrés temporal para la mastofauna y avifauna local. Finalmente, su Recuperabilidad se evalúa como mitigable (REC: 4); el impacto puede controlarse de manera altamente eficiente mediante la aplicación de medidas de control operativo, tales como el uso de silenciadores de escape, el mantenimiento mecánico preventivo de los equipos y, de suma importancia, la restricción de las actividades constructivas a horarios diurnos para salvaguardar el comportamiento de la fauna de hábitos nocturnos. | | |
| 9 | Preparación del sitio y Construcción | Desmonte<br>Formación de la capa de pedraplén<br>Formación de la capa subrasante<br>Colocación de material de sascab<br>Colocación de base hidráulica | **Hidrología (Recarga de acuíferos)** | Variación en las superficies de infiltración | **NAT: - \| INT: 5 \| EXT: 1 \| SIN: 2 \| PERS: 4 \| EF: 1 \| MOM: 2 \| ACU: 4 \| REC: 4 \| REV: 4 \| PER: 2**<br>**Importancia (I): 40 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>La Intensidad (INT: 5) de esta afectación se evalúa en un nivel medio, debido a que las actividades de desmonte y la ocupación física del terreno por las plataformas del estacionamiento suprimirán las áreas naturales de infiltración hídrica directa. Por otro lado, su Extensión se considera puntual (EXT: 1), ya que el impacto se circunscribe estrictamente a la huella constructiva de la infraestructura dentro del polígono del proyecto.<br><br>Este fenómeno genera un Efecto indirecto (EF: 1). La disminución de la infiltración no es una acción en sí misma, sino la consecuencia secundaria de la remoción de la cubierta vegetal y el posterior sellado del sustrato, lo cual incrementa los escurrimientos superficiales y altera las tasas de | Impermeabilización del área de desplante por la infraestructura instalada, modificando el balance hídrico local. | **P07<br>M07<br>M09<br>C01** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | evapotranspiración. Su manifestación presenta un Momento a mediano plazo (MOM: 2); la merma en la recarga hídrica no se percibe en el instante exacto del desmonte, sino que se evidencia de manera diferida una vez que ocurren los eventos de precipitación. Por esta misma razón, se clasifica con una Periodicidad periódica (PER: 2), al estar sujeta a la intermitencia de los ciclos hidrológicos y las temporadas de lluvias.<br><br>En cuanto a su duración, estos cambios exhiben una Persistencia permanente (PERS: 4), ya que la reducción de la infiltración directa se mantendrá a lo largo de toda la vida útil del proyecto por la presencia de las superficies pavimentadas. Bajo un enfoque ecosistémico, este impacto se califica como Irreversible por medios naturales (REV: 4), dado que el sustrato quedará físicamente obstruido. En consecuencia, su Recuperabilidad se evalúa como mitigable (REC: 4); si bien la capacidad de infiltración en la plancha se pierde, el impacto se atenuará mediante ingeniería ambiental, canalizando los escurrimientos hacia el pedraplén (cuya porosidad estructural funciona como filtro y área de absorción) y zonas de amortiguamiento perimetrales para facilitar la recarga hídrica inducida.<br><br>Finalmente, la alteración muestra una Sinergia moderada (SIN: 2) al interactuar con otros factores del entorno, modificando los patrones de escurrimiento e incrementando la vulnerabilidad a la erosión hídrica en las áreas no pavimentadas. Asimismo, destaca como un impacto de Acumulación alta (ACU: 4), el cual se integra de manera aditiva a la dinámica antropogénica y a la progresiva impermeabilización histórica ya existente en la Región Ecológica. | | |
| 10 | Preparación del sitio, Construcción y Operación | Desmonte<br>Cortes tipo caja al terreno natural<br>Formación de la capa de pedraplén | **Hidrología (Dinámica hidrológica)** | Alteración en los patrones naturales de escorrentía | **NAT: - \| INT: 6 \| EXT: 2 \| SIN: 2 \| PERS: 4 \| EF: 4 \| MOM: 2 \| ACU: 4 \| REC: 8 \| REV: 4 \| PER: 1**<br>**Importancia (I): 51 — SEVERO (NEGATIVO)** | Modificación de flujos superficiales a raíz de cortes, nivelaciones y conformación de terraplenes. | **P07 M07 M09 C01** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Formación de la capa subrasante<br>Colocación de material de sascab<br>Colocación de base hidráulica | | | La Intensidad (INT: 6) de esta afectación se evalúa como alta, debido a que el emplazamiento de los terraplenes, el cambio de pendientes y la compactación del suelo modificarán sustancialmente la red natural de escurrimientos superficiales. Esto, a su vez, alterará los volúmenes de captación hídrica y los procesos de recarga del acuífero local. Por otro lado, la Extensión se considera parcial (EXT: 2); si bien la ocupación física de la infraestructura se restringe al polígono del proyecto, sus efectos hidrodinámicos (redirección y concentración de flujos pluviales) pueden llegar a manifestarse a nivel de microcuenca o en los predios colindantes.<br><br>Este fenómeno presenta un Efecto directo (EF: 4), ya que la alteración topográfica y la obstrucción de las vías naturales de flujo son consecuencias físicas primarias e inevitables de las labores de terracería. Su manifestación tiene un Momento a mediano plazo (MOM: 2), puesto que la modificación topográfica inicia con el despalme, pero la alteración funcional de la dinámica hídrica se evidencia de forma diferida, consolidándose plenamente durante la temporada de lluvias. Por este motivo, su Periodicidad es irregular (PER: 1), ya que la interrupción y desviación de los escurrimientos obedece de manera exclusiva a la ocurrencia de eventos de precipitación.<br><br>Estos cambios estructurales exhiben una Persistencia permanente (PERS: 4), manteniéndose activos a lo largo de toda la vida útil del proyecto. Ecológicamente, el impacto se califica como Irreversible (REV: 4) por medios naturales. Dado que la topografía y la red de drenaje original no podrán ser restituidas bajo la infraestructura, su Recuperabilidad recibe un valor crítico (REC: 8), catalogándose como difícilmente recuperable a su estado basal. Ante esta severidad, resulta ineludible la implementación de medidas de ingeniería hidrológica compensatoria; construcción de obras de drenaje longitudinales (bordillos, cunetas y | | |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | canaletas) dentro del estacionamiento, diseñadas para captar, controlar y conducir el agua pluvial hacia la periferia, favoreciendo su infiltración indirecta a través del pedraplén y las áreas de amortiguamiento.<br><br>Finalmente, la alteración muestra una Sinergia moderada (SIN: 2), ya que la desviación de los escurrimientos interactúa de manera directa con otros factores, exacerbando el riesgo de erosión en las zonas de descarga y afectando la fluctuación del nivel del agua subterránea. Asimismo, se tipifica como un impacto de Acumulación alta (ACU: 4), ya que esta fragmentación de la red hídrica local se suma de forma aditiva a la presión por urbanización y a la dinámica antropogénica histórica ya existente en la Región Ecológica. | | |
| 11 | Preparación del sitio, Construcción y Operación | Prospección y salvamento arqueológico<br>Cortes tipo caja al terreno natural<br>Formación de la capa de pedraplén<br>Formación de la capa subrasante<br>Colocación de material de sascab<br>Colocación de base hidráulica<br>Operación del estacionamiento<br>Entrada y salida de vehículos<br>Mantenimiento general del estacionamiento | **Hidrología (Calidad del agua)** | Cambio en las características fisicoquímicas del agua | **NAT: - \| INT: 6 \| EXT: 2 \| SIN: 1 \| PERS: 2 \| EF: 1 \| MOM: 4 \| ACU: 1 \| REC: 4 \| REV: 2 \| PER: 1**<br>**Importancia (I): 41 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>La Intensidad (INT: 6) de esta afectación se evalúa en un nivel alto, debido a que un eventual derrame accidental de hidrocarburos, aceites o grasas provenientes de la maquinaria, así como el manejo inadecuado de aguas residuales temporales, posee un potencial tóxico elevado capaz de degradar la calidad del recurso hídrico. Por su parte, la Extensión se clasifica como parcial (EXT: 2); dada la elevada permeabilidad del suelo y la naturaleza kárstica de la región, la migración de un contaminante no se detendría en la huella del proyecto, sino que podría propagarse a través del flujo del agua subterránea abarcando una zona de influencia a nivel de microcuenca.<br><br>Este escenario representa un Efecto directo (EF: 4), ya que la introducción de sustancias nocivas altera de forma inmediata las propiedades fisicoquímicas (como la concentración de grasas y aceites, demanda química de oxígeno o pH) del agua con la que entra en contacto. Su manifestación presenta un Momento inmediato (MOM: 4), desencadenándose en el instante | Posible alteración temporal por arrastre de sedimentos o derrames accidentales de fluidos y lubricantes. | **P02<br>P03<br>P04<br>P05<br>P06<br>P07<br>P08<br>P09<br>M03<br>M07<br>M09** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | exacto en que ocurre el derrame o vertimiento accidental. Asimismo, se cataloga con una Periodicidad irregular (PER: 1), puesto que no obedece a una descarga continua o programada, sino a eventos contingentes de carácter atípico durante la obra.<br><br>Los cambios en la calidad del agua presentan una Persistencia temporal (PERS: 2), acotada al volumen y al tiempo de respuesta de la contingencia. Bajo un enfoque ecológico, el impacto se considera Reversible a corto/mediano plazo por medios naturales (REV: 2), fundamentado en la capacidad de dilución del flujo subterráneo, siempre y cuando la fuente de contaminación sea eliminada de inmediato.<br><br>La alteración muestra una Sinergia simple (SIN: 1) y una Acumulación simple (ACU: 1); bajo los controles del proyecto, las eventuales desviaciones se mantendrán como eventos aislados que no generarán una degradación acumulativa ni exponencial sobre el acuífero regional. Finalmente, su Recuperabilidad se evalúa como mitigable (REC: 4); el impacto es mitigable mediante la aplicación de protocolos de respuesta a emergencias (atención inmediata a derrames con material absorbente), el uso de trampas de grasa y el mantenimiento mecánico preventivo fuera del sitio de obra. | | |
| 12 | Preparación del sitio y Construcción | Desmonte Despalme | **Vegetación (Diversidad)** | Afectación de especies e individuos de flora | **NAT: - \| INT: 5 \| EXT: 1 \| SIN: 2 \| PERS: 4 \| EF: 4 \| MOM: 4 \| ACU: 4 \| REC: 4 \| REV: 4 \| PER: 4**<br>**Importancia (I): 47 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>La Intensidad (INT: 5) de esta afectación se evalúa en un nivel medio-alto. Si bien el desmonte implica la remoción total de la cobertura vegetal y la eliminación de individuos de los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo, la escala de intervención no compromete la viabilidad poblacional ni conduce a la extinción local de las especies registradas. Por su parte, la Extensión se clasifica como puntual (EXT: 1), ya que la huella de afectación física se restringe estrictamente al | Remoción directa de la vegetación requerida por el cambio de uso de suelo. | **P01<br>P07<br>M08<br>M09<br>C01** |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | polígono de desplante de la infraestructura del estacionamiento, abarcando una superficie de aproximadamente 1 ha.<br><br>Este fenómeno representa un Efecto directo (EF: 4), puesto que la remoción de la biomasa vegetal es la consecuencia física inmediata e ineludible de las labores operativas de limpieza y preparación del sitio. Su manifestación presenta un Momento inmediato (MOM: 4), detonándose desde el inicio de las actividades de desmonte. De igual manera, se califica con una Periodicidad continua (PER: 4), dado que la supresión de la cubierta vegetal se mantiene de forma ininterrumpida como una condición permanente bajo la huella de la obra.<br><br>Los cambios en la estructura florística exhiben una Persistencia permanente (PERS: 4) a lo largo de toda la vida útil del proyecto, imposibilitando el restablecimiento natural de la vegetación sobre la superficie ocupada. Bajo este escenario, el impacto se califica como Irreversible por medios naturales (REV: 4) dentro del área de desplante. Sin embargo, su Recuperabilidad se evalúa como mitigable (REC: 4); la pérdida de diversidad vegetal y de germoplasma puede compensarse de manera efectiva mediante la ejecución acciones de rescate y reubicación de flora y la implementación de acciones de reforestación compensatoria con especies nativas.<br><br>Finalmente, la alteración muestra una Sinergia moderada (SIN: 2), ya que la pérdida de cobertura forestal interactúa de forma estrecha con otros procesos ecológicos, reduciendo el volumen de evapotranspiración e incrementando la vulnerabilidad de ejemplares protegidos bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010. Asimismo, se clasifica como un impacto de Acumulación alta (ACU: 4), toda vez que este cambio de uso de suelo se suma aditivamente a los procesos históricos de fragmentación y presión antropogénica sobre las comunidades vegetales de la Región Ecológica. | | |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | Preparación del sitio y Construcción | Desmonte Despalme | **Vegetación (Especies protegidas)** | Afectación de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT | **NAT: - \| INT: 3 \| EXT: 1 \| SIN: 2 \| PERS: 4 \| EF: 4 \| MOM: 4 \| ACU: 4 \| REC: 4 \| REV: 4 \| PER: 4**<br>**Importancia (I): 44 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>En relación con el estatus de conservación florística del sitio, se identifica el impacto por afectación de especies e individuos de flora incluidos en la NOM-059-SEMARNAT. La intensidad de esta afectación se evalúa como media (3), debido a que la remoción de la cobertura vegetal requerida para abrir los frentes de obra podría incidir directamente sobre individuos catalogados bajo alguna categoría de riesgo. Por otro lado, la extensión se clasifica como puntual (1); la huella de afectación física se limita estrictamente al polígono donde se construirá la plataforma del estacionamiento, la eliminación de estos organismos protegidos podría limitar su capacidad de dispersión y reproducción por semillas.<br><br>Este escenario representa un efecto directo (4), pues la alteración es una consecuencia ineludible e inmediata de las labores de desmonte. Su manifestación tiene un momento inmediato (4), detonándose de forma paralela al inicio de las actividades de despalme. Asimismo, estos cambios exhiben una persistencia permanente (4) a lo largo de toda la vida útil del proyecto, puesto que los individuos removidos no podrán volver a establecerse en la misma área, la cual quedará cubierta de forma definitiva por las obras de estacionamiento.<br><br>El impacto se califica como irreversible (4) por medios naturales, ya que no se pude recuperar ur organismo muerto. Por consiguiente, la recuperabilidad recibe un valor de (4), lo que hace esencial la ejecución acciones de rescate de flora e implementación de las medidas de compensación como reforestación para resarcir la pérdida de estos ejemplares. | Potencial remoción de individuos con estatus de protección, requiriendo acciones de rescate y reubicación. | **P01**<br>**P07**<br>**M08**<br>**M09**<br>**C01** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Finalmente, la alteración muestra una sinergia moderada (2), puesto que interactúa de manera directa con otros factores estructurales del entorno biótico —tales como la diversidad o riqueza de especies, la abundancia, la cobertura y la densidad vegetal—, los cuales son variables cruciales para el soporte de las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Además, se trata de un impacto de naturaleza acumulativa (4), el cual se suma a la constante pérdida antropogénica de vegetación que presiona históricamente a esta región ecológica. | | |
| 14 | Preparación del sitio y Construcción | Desmonte | **Vegetación (Abundancia)** | Afectación del número de individuos de cada especie | **NAT: - \| INT: 5 \| EXT: 1 \| SIN: 2 \| PERS: 4 \| EF: 4 \| MOM: 4 \| ACU: 4 \| REC: 4 \| REV: 4 \| PER: 1**<br>**Importancia (I): 47 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>La intensidad de esta afectación se evalúa como media (5), ya que las labores de desmonte inciden directamente sobre los organismos, lo cual puede reducir de manera local las poblaciones de las especies presentes dentro del área del proyecto, aunque sin llegar a generar un impacto drástico a nivel de toda la región ecológica. Por su parte, la extensión se clasifica como puntual (1), dado que la huella de afectación abarca y se restringe a las áreas operativas requeridas por el estacionamiento.<br><br>Este fenómeno tiene un efecto directo (4), pues al realizar la remoción física de la vegetación se afecta de manera frontal a los individuos que habitan en el área. Su manifestación presenta un momento inmediato (4), detonándose en el instante mismo en que arrancan las actividades de desmonte. Asimismo, estos cambios exhiben una persistencia permanente (4) a lo largo de toda la vida útil del proyecto, puesto que los individuos removidos no podrán volver a establecerse en el área, la cual quedará ocupada por la infraestructura.<br><br>Bajo un estricto enfoque ecológico, el impacto se considera irreversible (4) por medios naturales; en consecuencia, la recuperabilidad recibe un valor | Disminución de la densidad poblacional de la flora nativa en el polígono de intervención. | **P01**<br>**P07**<br>**M08**<br>**M09**<br>**C01** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | de mitigable (4), ya que el impacto es compensable únicamente a través de intervenciones técnicas, tales como la ejecución de acciones de rescate y reubicación de flora, así como acciones de compensación mediante reforestación en sitios alternos.<br><br>Finalmente, la alteración muestra una sinergia simple (2), al interactuar con otros factores bióticos y físicos del entorno dentro de la región ecológica. Se trata de un impacto de naturaleza acumulativa (4), sumándose a la dinámica de presión antropogénica constante que ocasiona la pérdida de individuos forestales en la zona, y presenta una periodicidad continua (1), ya que la alteración se mantiene de forma ininterrumpida una vez ejecutado el desmonte. | | |
| 15 | Preparación del sitio | Desmonte | **Vegetación (Cobertura vegetal)** | Pérdida de la cobertura vegetal | **NAT: - \| INT: 6 \| EXT: 1 \| SIN: 4 \| PERS: 4 \| EF: 4 \| MOM: 4 \| ACU: 4 \| REC: 4 \| REV: 4 \| PER: 4**<br>**Importancia (I): 52 — SEVERO (NEGATIVO)**<br><br>La Intensidad (INT: 6) de esta afectación se evalúa como alta, debido a que la apertura de los frentes de obra exige la remoción total y absoluta de la biomasa forestal existente en el sitio. Por otro lado, su Extensión se clasifica como puntual (EXT: 1); si bien el desmonte dejará el sustrato completamente desnudo, la afectación espacial se restringe estrictamente a la huella autorizada para la construcción del estacionamiento, sin invadir las áreas de amortiguamiento ni los predios adyacentes.<br><br>Este fenómeno representa un Efecto directo (EF: 4), pues la supresión del ecosistema local es la consecuencia material e ineludible de las labores de desmonte y despalme. Su manifestación posee un Momento inmediato (MOM: 4), detonándose de forma paralela al inicio de las actividades con maquinaria. Asimismo, se cataloga con una Periodicidad continua (PER: 4), ya que la ausencia de la vegetación original representará una condición ininterrumpida bajo la plancha de concreto. Estos cambios presentan una | Eliminación del estrato arbóreo y arbustivo que provee refugio, modificando la dinámica ecológica del sitio. | **P01<br>P07<br>M08<br>M09<br>C01** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Persistencia permanente (PERS: 4) durante toda la vida útil del proyecto, lo que condiciona al impacto a ser Irreversible (REV: 4) por medios naturales en las zonas de desplante físico.<br><br>No obstante, su Recuperabilidad se evalúa como mitigable (REC: 4). Aunque la vocación forestal original de la plancha se pierde, el impacto se atenuará parcialmente mediante el diseño de áreas ajardinadas que reincorporarán cobertura vegetal dentro del polígono. Así mismo, se deberán ejecutar acciones de rescate previo de flora silvestre (con énfasis en especies de interés) y la ejecución de acciones de compensación ambiental mediante reforestación en zonas aledañas viables.<br><br>Finalmente, la alteración exhibe una Sinergia alta (SIN: 4), ya que la pérdida del estrato forestal desencadena efectos en cascada sobre otros componentes ecosistémicos, incidiendo en la supresión de hábitats y nichos ecológicos, la alteración en los patrones de distribución de especies faunísticas y la potencial generación de barreras físicas. Se trata además de un impacto de Acumulación alta (ACU: 4), el cual se suma aditivamente a la dinámica antropogénica histórica de deforestación, urbanización y cambio de uso de suelo que ejerce una fuerte presión sobre esta Región Ecológica. | | |
| 16 | Preparación del sitio | Desmonte | **Vegetación (Captura de carbono)** | Cambio en la capacidad de captura de carbono | **NAT: - \| INT: 4 \| EXT: 1 \| SIN: 2 \| PERS: 4 \| EF: 4 \| MOM: 4 \| ACU: 4 \| REC: 4 \| REV: 4 \| PER: 4**<br>**Importancia (I): 44 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>La Intensidad (INT: 4) de esta afectación se evalúa en un nivel medio-bajo; si bien dentro del polígono de desmonte la afectación es absoluta — eliminando al 100 % los organismos fotosintéticos capaces de fijar Gases de Efecto Invernadero (GyCEI) en esa superficie específica—, esta merma no compromete el balance global de captura de carbono a escala de la Región Ecológica. Por otro lado, la Extensión es puntual (EXT: 1), ya que la | Reducción del sumidero de carbono a nivel local por la tala y desmonte. | **P01<br>P07<br>M08<br>M09<br>C01** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | huella de esta afectación se circunscribe de manera estricta a las áreas constructivas del estacionamiento.<br><br>Representa un Efecto directo (EF: 4), limitado a la pérdida material del sumidero de carbono (biomasa forestal) en la huella del proyecto. Su manifestación posee un Momento inmediato (MOM: 4), evidenciándose la interrupción funcional de la fijación de carbono en el instante exacto en que los estratos arbóreo y arbustivo son derribados. De igual forma, presenta una Periodicidad continua (PER: 4), dado que la supresión de este servicio ecosistémico se mantendrá de forma constante e ininterrumpida mientras la infraestructura ocupe el espacio.<br><br>Estos cambios estructurales exhiben una Persistencia permanente (PERS: 4), ya que el polígono de construcción carecerá de biomasa forestal a lo largo de toda la vida útil de las instalaciones. Por ende, el impacto es Irreversible por medios naturales (REV: 4); el sustrato pavimentado anula cualquier proceso de sucesión ecológica que permita recuperar la vegetación. No obstante, su Recuperabilidad se evalúa como mitigable (REC: 4). Aunque es técnicamente imposible restaurar la captura de carbono in situ, el impacto se compensa mediante acciones de manejo de la biomasa —como el triturado del material vegetal despalmado para su uso como mantillo (mulch) e incorporación de nutrientes en áreas verdes—, así como mediante la reforestación compensatoria en zonas aledañas.<br><br>Finalmente, el impacto muestra una Sinergia moderada (SIN: 2), debido a que la reducción del sumidero natural interactúa con las emisiones de gases contaminantes generadas por la maquinaria, creando temporalmente un doble déficit en la calidad atmosférica local. A diferencia del borrador inicial, se clasifica rigurosamente con una Acumulación alta (ACU: 4), ya que la pérdida de esta capacidad de fijación de carbono no es un | | |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | evento aislado, sino que se suma progresiva y aditivamente al déficit histórico generado por los continuos cambios de uso de suelo en la Región Ecológica. | | |
| 17 | Preparación del sitio, Construcción y Operación | Desmonte<br>Despalme<br>Instalación de luminarias<br>Limpieza y Retiro de maquinaria y equipo<br>Operación del estacionamiento | **Fauna (Diversidad)** | Afectación de especies e individuos de fauna | **NAT: - \| INT: 5 \| EXT: 1 \| SIN: 2 \| PERS: 2 \| EF: 1 \| MOM: 4 \| ACU: 4 \| REC: 4 \| REV: 1 \| PER: 1**<br>**Importancia (I): 36 — MODERADO (NEGATIVO)**<br>-<br>La Intensidad (INT: 5) de esta afectación se evalúa en un nivel medio. Si bien existe un riesgo de mortandad incidental por atropellamiento y una alteración directa por la supresión de refugios (pérdida de vegetación), esta afectación se restringe principalmente a especies de baja movilidad y no compromete la viabilidad poblacional ni provoca la extinción local de las especies presentes en la Región Ecológica. Por otro lado, la Extensión se considera puntual (EXT: 1), ya que el riesgo de afectación física directa se restringe de manera focal a la huella autorizada para el proyecto, abarcando las áreas de maniobra y el polígono constructivo.<br><br>Este fenómeno genera un Efecto indirecto (EF: 1), pues el ahuyentamiento o la eventual mortandad incidental no son el objetivo del proyecto, sino una externalidad o consecuencia física secundaria resultante de la pérdida de cobertura vegetal y del tránsito de maquinaria pesada. Su manifestación presenta un Momento inmediato (MOM: 4), ya que la perturbación, el estrés fisiológico y el riesgo para las poblaciones ocurren en el instante exacto en que inicia el desmonte y el ingreso de equipo. Asimismo, se cataloga con una Periodicidad irregular (PER: 1), al depender de los horarios de trabajo y de la presencia aleatoria de la fauna en los frentes de obra.<br><br>Estos cambios en la dinámica faunística exhiben una Persistencia temporal (PERS: 2), acotada estrictamente a la etapa de preparación del sitio y construcción; al cesar el ruido y el movimiento de tierras, el factor de riesgo desaparece. Bajo un enfoque ecosistémico, la pérdida de algunos | Desplazamiento y ahuyentamiento o mortalidad incidental de fauna de lento desplazamiento durante el desmonte. | **P01**<br>**P07**<br>**P08**<br>**M06**<br>**M09**<br>**C01** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | individuos resulta Reversible a corto plazo de forma natural (REV: 1); las poblaciones locales tienen la capacidad de reponer estas mermas biológicas mediante el reclutamiento natural y la migración desde zonas contiguas conservadas.<br><br>No obstante, su Recuperabilidad se evalúa como mitigable (REC: 4), requiriendo intervención humana obligatoria mediante la ejecución previa de un Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre (dirigido a mamíferos pequeños, reptiles y anfibios), así como la implementación de límites de velocidad.<br><br>Finalmente, la alteración muestra una Sinergia moderada (SIN: 2), interactuando con la fragmentación del hábitat y la contaminación acústica para detonar el desplazamiento temporal de las especies hacia áreas perimetrales. Destaca como un impacto de Acumulación alta (ACU: 4), ya que la reducción de espacios de refugio y forrajeo se suma aditivamente a la presión histórica de urbanización, deforestación y antropización ya existente sobre las poblaciones faunísticas de la Región Ecológica. | | |
| 18 | Preparación del sitio, Construcción y Operación | Desmonte<br>Despalme<br>Operación del estacionamiento | **Fauna (Especies protegidas)** | Afectación de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT | **NAT: - \| INT: 4 \| EXT: 1 \| SIN: 2 \| PERS: 2 \| EF: 1 \| MOM: 4 \| ACU: 1 \| REC: 4 \| REV: 4 \| PER: 1**<br>**Importancia (I): 33 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>La Intensidad (INT: 4) de esta afectación se evalúa en un nivel medio-bajo. Si bien la presencia de especies catalogadas bajo alguna categoría de riesgo normativo (Amenazadas, Sujetas a Protección Especial o En Peligro de Extinción) eleva la sensibilidad del sitio, la magnitud de la intervención no erradicará a la población regional ni mermará significativamente el flujo genético, puesto que el riesgo recae sobre avistamientos incidentales de individuos aislados. Por su parte, la Extensión se considera puntual (EXT: 1), al estar el riesgo de interacción limitado estrictamente a la huella constructiva del estacionamiento y sus caminos de acceso. | Perturbación de hábitat para especies bajo estatus de riesgo, exigiendo monitoreo y reubicación conforme a la normativa. | **P01<br>P07<br>P08<br>M06<br>M09<br>C01** |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Este fenómeno genera un Efecto indirecto (EF: 1); la acción primaria es la remoción de biomasa y el tránsito de vehículos, siendo el eventual ahuyentamiento o riesgo de atropellamiento de un ejemplar protegido una externalidad o consecuencia colateral no deseada. Su manifestación presenta un Momento inmediato (MOM: 4), ya que la vulnerabilidad para las especies se detona en el instante exacto en que la maquinaria ingresa al predio. Asimismo, presenta una Periodicidad irregular (PER: 1), pues los encuentros con fauna protegida no son eventos diarios ni constantes, sino eventualidades fortuitas durante los frentes de trabajo.<br><br>El nivel de riesgo exhibe una Persistencia temporal (PERS: 2), manteniéndose vigente únicamente mientras duran las actividades constructivas y el movimiento de tierras. Sin embargo, desde la ecología de poblaciones, la Reversibilidad del impacto se califica como nula o irreversible (REV: 4) por medios naturales para el individuo afectado; la pérdida de un ejemplar adulto (especialmente de lento crecimiento) no se revierte automáticamente.<br><br>Por esta razón, la Recuperabilidad (REC: 4) no es inmediata, sino que exige una mitigación activa y estricta. El impacto se considera altamente gestionable mediante la aplicación obligatoria de un Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, focalizado en proteger y trasladar a los individuos de la NOM-059 hacia áreas de conservación antes de iniciar el desmonte.<br><br>Finalmente, el impacto muestra una Sinergia moderada (SIN: 2), interactuando con la pérdida de cobertura forestal y el ruido para generar un estrés temporal en estas poblaciones sensibles. Se clasifica con Acumulación simple (ACU: 1), ya que el riesgo de afectación incidental en este polígono es un evento discreto de la etapa de preparación del sitio que, al contar con medidas de rescate, no | | |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | genera un deterioro exponencial sobre la estructura poblacional de la especie a lo largo del tiempo. | | |
| 19 | Preparación del sitio, Construcción y Operación | Delimitación y alineación horizontal y vertical del trazo del Proyecto<br>Desmonte<br>Prospección y salvamento arqueológico<br>Cortes tipo caja al terreno natural<br>Formación de la capa de pedraplén<br>Formación de la capa subrasante<br>Colocación de material de sascab<br>Colocación de base hidráulica<br>Acarreo de materiales<br>Construcción de banquetas, guarniciones y jardineras<br>Construcción e instalación de cubiertas con estructura metálica<br>Instalación de paneles fotovoltáicos<br>Instalación de luminarias<br>Acabado (instalación de elementos | **Fauna (Abundancia)** | Perturbación por contaminación auditiva y lumínica | **NAT: - \| INT: 6 \| EXT: 2 \| SIN: 2 \| PERS: 2 \| EF: 1 \| MOM: 4 \| ACU: 4 \| REC: 4 \| REV: 2 \| PER: 1**<br>**Importancia (I): 42 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>Como parte de las presiones sobre las poblaciones biológicas, se identifica la perturbación por contaminación acústica y lumínica. La Intensidad (INT: 6) de esta afectación se evalúa como alta, debido a que la emisión de ruido por la maquinaria pesada y la iluminación artificial nocturna tienen el potencial de generar estrés fisiológico, desorientación y alteraciones en los ritmos circadianos de la fauna silvestre local (especialmente aves y mamíferos). Por su parte, la Extensión se clasifica como parcial (EXT: 2); si bien la fuente emisora se ubica dentro del polígono constructivo, las ondas sonoras y el halo luminoso se propagan hacia el exterior, siendo gradualmente amortiguados por la barrera natural que ofrece la cobertura forestal circundante.<br><br>Este fenómeno representa un Efecto indirecto (EF: 1). Aunque la emisión de luz y ruido es un proceso físico directo, la verdadera afectación evaluada —el ahuyentamiento, la alteración de rutas de desplazamiento y el cambio de comportamiento— es una respuesta conductual secundaria de la fauna frente a dichos estímulos. Su manifestación presenta un Momento inmediato (MOM: 4), detonándose desde el instante exacto en que ingresa la primera maquinaria o se encienden los reflectores. Asimismo, ostenta una Periodicidad irregular (PER: 1), ya que los picos de ruido y luz no son constantes las 24 horas, sino que fluctúan en función de los ciclos de trabajo y las maniobras específicas.<br><br>Estos estímulos disruptivos exhiben una Persistencia temporal (PERS: 2), manifestándose | Estrés fisiológico en fauna silvestre y alteración de ciclos biológicos por ruido de maquinaria e iluminación nocturna. | **P01**<br>**P07**<br>**P08**<br>**M06**<br>**M09**<br>**C01** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | estéticos y funcionales)<br>Instalación de señalamientos<br>Limpieza y Retiro de maquinaria y equipo<br>Operación del estacionamiento<br>Entrada y salida de vehículos<br>Mantenimiento general del estacionamiento | | | con rigor exclusivamente durante la fase de preparación del sitio y construcción; durante la etapa de operación, los niveles sonoros disminuirán drásticamente para cumplir con los límites de la normatividad ambiental aplicable (NOM-081-SEMARNAT-1994). Bajo un enfoque ecosistémico, el impacto se considera Reversible a corto y mediano plazo (REV: 2); una vez que la maquinaria pesada se retira y cesan los trabajos intensivos, las poblaciones de fauna tienen la capacidad de habituarse al ruido operativo menor o retornar gradualmente a los márgenes del predio.<br><br>Para garantizar esta reversibilidad, la Recuperabilidad se evalúa como mitigable (REC: 4). El efecto puede controlarse operativamente restringiendo las actividades de mayor generación de ruido a horarios estrictamente diurnos, direccionando la iluminación hacia el suelo (evitando la dispersión lumínica hacia el dosel forestal) y manteniendo o reforzando barreras vivas vegetales en el perímetro.<br><br>Finalmente, la alteración muestra una Sinergia moderada (SIN: 2), al interactuar espacialmente con la fragmentación del hábitat para potenciar el "efecto barrera" que aleja a las especies. Destaca como un impacto de Acumulación alta (ACU: 4), ya que la reducción de zonas de oscuridad natural y silencio se suma de manera sinérgica a la presión por el desarrollo turístico, la urbanización y la infraestructura carretera (fuentes preexistentes de ruido y luz) en esta Región Ecológica. | | |
| 20 | Preparación del sitio y Construcción | Desmonte<br>Prospección y salvamento arqueológico | **Fauna (Hábitat)** | Modificación y pérdida de hábitat | **NAT: - \| INT: 6 \| EXT: 1 \| SIN: 4 \| PERS: 4 \| EF: 1 \| MOM: 4 \| ACU: 4 \| REC: 4 \| REV: 4 \| PER: 1**<br>**Importancia (I): 46 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>La Intensidad (INT: 6) de esta afectación se evalúa como alta. La remoción de la cobertura vegetal implica la supresión total del estrato arbóreo y | Transformación irreversible del entorno natural en áreas operativas, disminuyendo zonas de anidación o forrajeo. | **P01<br>P07<br>P08<br>M06<br>M09<br>C01** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | arbustivo, eliminando de forma absoluta las estructuras biológicas fundamentales para el refugio, percha, anidación y alimentación de la fauna silvestre (especialmente avifauna y mamíferos) dentro del polígono. Por su parte, la Extensión se clasifica como puntual (EXT: 1), ya que la pérdida de estos nichos ecológicos se circunscribe estrictamente a la huella de desplante autorizada para el estacionamiento, sin alterar físicamente el hábitat de los predios forestales adyacentes.<br><br>Este fenómeno genera un Efecto indirecto (EF: 1); la acción primaria y directa es el derribo mecánico del arbolado (pérdida de biomasa), mientras que la merma en la disponibilidad de hábitat o "utilidad ecológica" para la fauna es la consecuencia secundaria de dicha remoción. Su manifestación presenta un Momento inmediato (MOM: 4), puesto que la supresión funcional del hábitat se consuma en el instante exacto del desmonte. Asimismo, se clasifica con una Periodicidad irregular (PER: 1), dado que el evento que origina la pérdida (la etapa de despalme y desmonte) es una actividad constructiva singular y acotada en el tiempo, no un proceso repetitivo.<br><br>Estos cambios estructurales exhiben una Persistencia permanente (PERS: 4), ya que el área intervenida carecerá de vegetación de gran porte capaz de sostener a la fauna durante toda la vida útil de las instalaciones del estacionamiento. Por consiguiente, bajo un estricto enfoque ecosistémico, el impacto se considera Irreversible por medios naturales (REV: 4) dentro del área pavimentada. No obstante, su Recuperabilidad se evalúa como mitigable (REC: 4); aunque es operativamente inviable reintroducir la misma densidad forestal en la plancha, la pérdida del hábitat puede ser atenuada y compensada mediante el rescate previo de fauna, la creación de áreas verdes perimetrales y la ejecución de programas de reforestación compensatoria en la región. | | |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Finalmente, la alteración muestra una Sinergia alta (SIN: 4), debido a que la supresión de refugios interactúa críticamente con el ahuyentamiento por ruido, la contaminación lumínica y la fragmentación espacial, desencadenando un "efecto de borde" que modifica severamente la dinámica poblacional local. Se tipifica como un impacto de Acumulación alta (ACU: 4), ya que este déficit estructural se suma de forma aditiva a la pérdida histórica de cobertura forestal en la Región Ecológica, mermando en conjunto la capacidad de carga del ecosistema local. | | |
| 21 | Preparación del sitio, Construcción y Operación | Desmonte<br>Prospección y salvamento arqueológico<br>Cortes tipo caja al terreno natural<br>Instalación de luminarias<br>Operación del estacionamiento | **Fauna (Patrones de distribución)** | Modificación de las rutas de desplazamiento | **NAT: - \| INT: 4 \| EXT: 1 \| SIN: 4 \| PERS: 2 \| EF: 1 \| MOM: 4 \| ACU: 4 \| REC: 4 \| REV: 2 \| PER: 1**<br>**Importancia (I): 36 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>La introducción de maquinaria pesada, la emisión de ruidos por encima de la línea base acústica y la constante presencia de cuadrillas de trabajadores actúan como estímulos perturbadores para las comunidades faunísticas. La Intensidad (INT: 4) de esta afectación se evalúa como baja, puesto que la modificación de las rutas de desplazamiento representa un mecanismo biológico de defensa (huida) que preserva la vida de los individuos; esta alteración no incrementa la tasa de mortalidad intrínseca de la especie, sino que únicamente modifica de forma temporal sus patrones de distribución. Por su parte, presenta una Extensión puntual (EXT: 1), ya que el origen del estímulo que detona el desplazamiento se restringe estrictamente a la huella autorizada para los frentes de obra del estacionamiento.<br><br>Este impacto tiene un Efecto indirecto (EF: 1), ya que la acción directa del proyecto es el desmonte y la operación de maquinaria; la modificación de las rutas es una respuesta conductual secundaria de la fauna frente al estrés acústico y visual. El Momento de manifestación es inmediato (MOM: 4), puesto que la dispersión rápida de los individuos móviles (especialmente avifauna y mastofauna) ocurre en el instante exacto en que | Efecto de fragmentación y barrera para especies de fauna silvestre, restringiendo sus áreas de movilidad. | **P01**<br>**P07**<br>**P08**<br>**M06**<br>**M09**<br>**C01** |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | inician las labores ruidosas. Del mismo modo, su Periodicidad es irregular (PER: 1), ya que las emisiones de ruido y el tránsito del personal fluctúan según los turnos de trabajo, permitiendo ventanas de tranquilidad donde la fauna menos sensible puede aproximarse a los márgenes del polígono.<br><br>La Persistencia se clasifica como temporal (PERS: 2), debido a que el estímulo más severo que detona el ahuyentamiento es propio de la etapa constructiva y cesa al concluir el movimiento de tierras. Desde una perspectiva etológica, la Reversibilidad se califica a corto y mediano plazo (REV: 2); si bien la fauna no transitará por la plancha pavimentada, las especies tienen la capacidad de habituarse al funcionamiento del estacionamiento y establecer nuevas rutas perimetrales normalizadas. Su Recuperabilidad se considera mitigable (REC: 4); es factible orientar este desplazamiento de forma segura mediante la retención de zonas de amortiguamiento forestal, cercos direccionales temporales y la reubicación de individuos rescatados hacia polígonos conservados.<br><br>Finalmente, el impacto presenta una Sinergia alta (SIN: 4). El desplazamiento forzado de la fauna interactúa fuertemente con la pérdida de hábitat y el efecto barrera, lo que incrementa paulatinamente la densidad poblacional y la competencia por recursos (capacidad de carga) en los parches de vegetación receptores adyacentes. Se tipifica como un impacto de Acumulación alta (ACU: 4), ya que esta alteración de la conectividad biológica local se suma de forma aditiva a la fragmentación histórica, la urbanización y los impactos antropogénicos preexistentes que ejercen presión sobre la Región Ecológica. | | |
| 22 | Preparación del sitio | Desmonte<br>Despalme | **Fauna (Importancia biológica)** | Modificación de la composición y estructura de las | **NAT: - \| INT: 3 \| EXT: 1 \| SIN: 2 \| PERS: 4 \| EF: 1 \| MOM: 4 \| ACU: 4 \| REC: 4 \| REV: 4 \| PER: 4**<br>**Importancia (I): 38 — MODERADO (NEGATIVO)** | Sustitución progresiva de especies con requerimientos | **P01<br>P07<br>P08<br>M06** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | comunidades de fauna | La Intensidad (INT: 3) de esta afectación se evalúa en un nivel medio-bajo. Si bien la remoción de la cobertura vegetal suprime el espacio físico, el polígono de intervención no representa un sitio de importancia biológica crítica, endémica o de congregación reproductiva insustituible que comprometa la viabilidad de las poblaciones a nivel regional; las especies presentes cuentan con una amplia distribución en las zonas conservadas colindantes. Por otro lado, la Extensión se clasifica como puntual (EXT: 1), ya que la merma en el valor biológico del hábitat se restringe exclusivamente a la huella autorizada para el estacionamiento, sin degradar la funcionalidad de la selva circundante.<br><br>Este fenómeno representa un Efecto indirecto (EF: 1), pues la alteración en la composición poblacional y en la importancia biológica local es una consecuencia funcional secundaria derivada del desmonte y la construcción. Su manifestación presenta un Momento inmediato (MOM: 4), detonándose de forma paralela al inicio de los trabajos de preparación del sitio. Asimismo, se clasifica con una Periodicidad continua (PER: 4), dado que la pérdida de esta área como zona de soporte biológico se mantendrá de manera constante e ininterrumpida a lo largo del tiempo.<br><br>Estos cambios ecológicos exhiben una Persistencia permanente (PERS: 4) durante toda la vida útil del proyecto. Bajo un enfoque ecosistémico, el impacto se considera Irreversible por medios naturales (REV: 4) dentro del polígono de ocupación, ya que la plancha pavimentada anula la sucesión ecológica. En consecuencia, la Recuperabilidad se evalúa como mitigable (REC: 4); resulta esencial la aplicación estricta de las medidas dictadas por la normativa ambiental, priorizando el rescate de especies sensibles (NOM-059-SEMARNAT-2010) y la ejecución de acciones de restauración y enriquecimiento ambiental mediante la reforestación de áreas verdes perimetrales, lo cual compensa parcialmente la pérdida del valor biológico in situ. | ecológicos específicos por fauna generalista y sinantrópica. | **M09 C01** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Finalmente, la alteración muestra una Sinergia moderada (SIN: 2), puesto que interactúa de manera estrecha con la modificación del paisaje y la pérdida de hábitat, factores que resultan cruciales para el refugio y supervivencia de la fauna silvestre. Se tipifica como un impacto de Acumulación alta (ACU: 4), sumándose de forma aditiva a la presión histórica, el cambio de uso de suelo y la dinámica antropogénica que progresivamente ha fragmentado las áreas de importancia biológica en esta Región Ecológica. | | |
| 23 | Preparación del sitio, Construcción y Operación | Desmonte<br>Prospección y salvamento arqueológico<br>Cortes tipo caja al terreno natural<br>Formación de la capa subrasante<br>Colocación de material de sascab<br>Colocación de base hidráulica<br>Construcción e instalación de cubiertas con estructura metálica<br>Operación del estacionamiento<br>Entrada y salida de vehículos | **Paisaje (Calidad escénica)** | Modificación de la calidad del paisaje | **NAT: - \| INT: 7 \| EXT: 1 \| SIN: 4 \| PERS: 4 \| EF: 1 \| MOM: 4 \| ACU: 4 \| REC: 8 \| REV: 4 \| PER: 1**<br>**Importancia (I): 53 — MODERADO (NEGATIVO)**<br><br>La Intensidad (INT: 7) de esta afectación se evalúa como alta, debido a la evidente y drástica alteración visual que representa la inserción de una plancha de infraestructura (y el contraste geométrico y cromático de los vehículos) sobre la fisonomía natural del sistema selvático original, particularmente tratándose de una zona adyacente a un Parque Nacional. Por otro lado, la Extensión del impacto se clasifica como puntual (EXT: 1), ya que la huella de afectación paisajística y la supresión de la vegetación se circunscriben de manera estricta al polígono autorizado para el estacionamiento, limitando la intrusión escénica a los observadores que transiten por esa cuenca visual específica.<br><br>Este fenómeno representa un Efecto indirecto (EF: 1), pues la degradación de la calidad escénica no es una acción constructiva en sí, sino una consecuencia secundaria y perceptiva derivada del desmonte y el movimiento de tierras. Su manifestación presenta un Momento inmediato (MOM: 4), detonándose visualmente en el instante en que inicia la remoción de la cobertura forestal. Asimismo, se cataloga con una Periodicidad irregular (PER: 1), ya que la percepción de la intrusión escénica máxima fluctuará dependiendo de los horarios de operación, el flujo | Alteración estética por la introducción de maquinaria y obra civil que contrastan fuertemente con el entorno natural. | **P01**<br>**P07**<br>**M08**<br>**M09**<br>**C01** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | intermitente de vehículos y la presencia de observadores (turistas o trabajadores) en el sitio.<br><br>Estos cambios en la fisonomía del predio exhiben una Persistencia permanente (PERS: 4) a lo largo de toda la vida útil del proyecto. Bajo un enfoque ecológico y escénico, el impacto se considera Irreversible por medios naturales (REV: 4) en el área de desplante. Dado que el ecosistema forestal original será sustituido definitivamente por la obra civil, su Recuperabilidad recibe un valor crítico (REC: 8); la calidad del paisaje prístino es irrecuperable a su estado basal. Por ello, es imperativa la aplicación de medidas de arquitectura de paisaje, tales como la integración cromática de la infraestructura y el establecimiento de barreras vivas (reforestación perimetral) que ayuden a enmascarar la obra y a mimetizarla parcialmente con el entorno selvático.<br><br>Finalmente, la alteración escénica muestra una Sinergia alta (SIN: 4), debido a que la apertura del claro en la selva interactúa con la contaminación lumínica nocturna y la generación de ruido, degradando fuertemente la "calidad de naturalidad" del entorno. Destaca como un impacto de Acumulación alta (ACU: 4), sumándose de manera aditiva a la fuerte dinámica antropogénica, el desarrollo turístico y la progresiva fragmentación del ecosistema que transforman históricamente el paisaje en esta región. | | |
| 24 | Preparación del sitio | Desmonte<br>Despalme | **Paisaje (Fragilidad)** | Modificación de superficies de conservación | **NAT: - \| INT: 6 \| EXT: 1 \| SIN: 4 \| PERS: 4 \| EF: 4 \| MOM: 4 \| ACU: 4 \| REC: 4 \| REV: 4 \| PER: 4**<br>**Importancia (I): 52 — SEVERO (NEGATIVO)**<br><br>La Intensidad (INT: 6) de esta afectación se evalúa como alta, debido a que el cambio de uso de suelo anula la vocación natural del predio, alterando el equilibrio del ecosistema original al suprimir un área destinada históricamente a la preservación dentro de la Región Ecológica. Sin embargo, su Extensión se clasifica rigurosamente como | Afectación y presión antropogénica sobre las áreas de conservación aledañas. | **P01<br>P07<br>M08<br>M09<br>C01** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | puntual (EXT: 1); la ocupación física y la modificación de la superficie de conservación se restringen de manera exclusiva a la huella constructiva autorizada para el estacionamiento (aproximadamente 1 ha), sin representar una invasión material ni una afectación directa sobre los parches de hábitats<br><br>Este fenómeno conlleva un Efecto directo (EF: 4), pues la supresión y modificación territorial de estas superficies es la consecuencia material primaria e ineludible de las labores de desmonte y construcción. Su manifestación presenta un Momento inmediato (MOM: 4), detonándose de forma exacta y paralela al inicio de las actividades operativas y el retiro de la cubierta vegetal. Asimismo, exhibe una Periodicidad continua (PER: 4), ya que la ausencia de esta superficie de conservación original se mantendrá como una condición constante e ininterrumpida bajo la plancha de concreto.<br><br>Estos cambios territoriales exhiben una Persistencia permanente (PERS: 4) a lo largo de toda la vida útil del proyecto. Bajo un estricto enfoque ecosistémico, el impacto se considera Irreversible por medios naturales (REV: 4) en las zonas ocupadas por la infraestructura, dado que la superficie pierde su resiliencia biológica. En consecuencia, la Recuperabilidad recibe un valor de mitigable/compensable (REC: 4); al no poder recuperar el polígono intervenido, resulta de carácter obligatorio y esencial la implementación de medidas de mitigación ex situ, como programas de reforestación compensatoria, conservación de áreas verdes perimetrales y el pago de la compensación ambiental, restituyendo así el valor de conservación perdido.<br><br>Finalmente, la alteración muestra una Sinergia alta (SIN: 4), debido a que la supresión de esta superficie de conservación interactúa de manera directa y simultánea con la fragmentación del hábitat, la pérdida de cobertura forestal y la | | |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | alteración paisajística. Además, se trata de un impacto de Acumulación alta (ACU: 4), sumándose a la fuerte dinámica antropogénica, el desarrollo turístico y la constante presión por el cambio de uso de suelo que históricamente impacta a los ecosistemas de la zona. | | |
| 25 | Preparación del sitio | Desmonte | **Paisaje (Visibilidad)** | Modificación de la cuenca visual | **NAT: - \| INT: 5 \| EXT: 1 \| SIN: 1 \| PERS: 4 \| EF: 1 \| MOM: 4 \| ACU: 1 \| REC: 8 \| REV: 4 \| PER: 4**<br>**Importancia (I): 44 — SEVERO (NEGATIVO)**<br>La Intensidad (INT: 5) de esta afectación se evalúa en un nivel medio. Si bien existe una intrusión visual evidente por la sustitución de la cubierta forestal, la infraestructura del estacionamiento se desarrollará principalmente a nivel de piso (sin edificaciones verticales de gran altitud), por lo que la alteración de la cuenca no bloquea de manera absoluta los elementos paisajísticos de fondo ni el horizonte natural. Por otro lado, la Extensión se clasifica como puntual (EXT: 1), ya que la huella de afectación perceptiva se restringe exclusivamente al polígono de desplante del estacionamiento, limitando la intrusión a la cuenca visual inmediata.<br><br>Este fenómeno presenta un Efecto indirecto (EF: 1), pues la modificación de la cuenca es una consecuencia perceptiva secundaria derivada de las labores físicas de remoción de biomasa y construcción de terracerías. Su manifestación tiene un Momento inmediato (MOM: 4), detonándose de forma paralela y exacta al inicio de las actividades de despalme. Asimismo, exhibe una Periodicidad continua (PER: 4), puesto que el contraste geométrico y la alteración en la fisonomía del horizonte se mantendrán de forma ininterrumpida y perceptible en todo momento.<br><br>Estos cambios estructurales presentan una Persistencia permanente (PERS: 4) a lo largo de toda la vida útil del proyecto. Bajo un enfoque de ecología del paisaje, el impacto se considera Irreversible (REV: 4) por medios naturales. Dado que la selva original será reemplazada por infraestructura civil de forma definitiva, su | Interrupción del horizonte visual previo por la elevación de las nuevas estructuras del proyecto. | **P01**<br>**P07**<br>**M08**<br>**M09**<br>**C01** |

| No. | ETAPA DEL PROYECTO | OBRA O ACTIVIDAD DEL PROYECTO | COMPONENTE Y SUBCOMPONENTE AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO | EFECTOS | TIPO DE MEDIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Recuperabilidad recibe un valor crítico (REC: 8); la calidad de la cuenca visual primigenia es irrecuperable a su estado basal. Por ello, resulta esencial la implementación de medidas de arquitectura de paisaje compensatorias, tales como el establecimiento de cortinas arbóreas perimetrales que ayuden a apantallar la obra y mimetizarla visualmente con la selva colindante.<br><br>Finalmente, la alteración muestra una Sinergia simple (SIN: 1), al no interactuar de manera exponencial con otros factores; el cambio visual es un atributo de intrusión estática que no detona reacciones en cadena sobre la funcionalidad del ecosistema local. De igual forma, es un impacto de Acumulación simple (ACU: 1); la modificación de la cuenca en esta superficie específica es un evento discreto constructivo que no se magnifica ni crece por sí solo con el paso de los años. | | |

***P= Prevención, M= Mitigación, C= Compensación, R= Restauración. Las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración se encuentran disponibles en el apartado IV.2.**



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

Si bien la evaluación de impacto ambiental centra gran parte de su análisis en la identificación y mitigación de los efectos adversos sobre los ecosistemas, la ejecución del proyecto también fungirá como un catalizador de transformaciones altamente favorables para la región. Estas externalidades positivas se generarán de manera progresiva a lo largo de cada una de las etapas constructivas y de operación del proyecto.

Cabe precisar que los impactos socioeconómicos a nivel macroeconómico no pueden ser monitoreados de manera directa ni cuantitativa por parte de los promoventes del proyecto en este estudio, ya que el seguimiento de estos indicadores es competencia y objeto de estudio de las dependencias gubernamentales correspondientes, a fin de establecer la viabilidad operativa y el desarrollo regional. Sin embargo, para cumplir con el rigor metodológico, estos aspectos se contemplaron en la matriz de impactos con el objetivo de identificar tanto los efectos adversos como los benéficos que podría generar el proyecto, por lo que a continuación se describen:

- **Cambio en la tasa de empleos formales (Generación de empleo).** La demanda de mano de obra para las fases de preparación del sitio, construcción y, posteriormente, para la operación y el mantenimiento de las instalaciones del estacionamiento, detonará el impacto de cambio en la tasa de empleos formales. Este beneficio presenta una importancia de impacto de 46 (Moderado positivo).

  La intensidad de este impacto se evalúa como media (5), ya que la contratación directa de personal técnico, administrativo y operativo inyectará certidumbre laboral al mercado local. Su extensión se clasifica como puntual (1), dado que la principal fuente de contratación se concentra en la huella de las áreas operativas y en las localidades contiguas al estacionamiento. Este fenómeno genera un efecto directo (4) sobre el bienestar familiar de los trabajadores, manifestándose con un momento inmediato (4), puesto que la apertura de plazas laborales inicia de forma paralela a las primeras actividades de despalme y construcción. Dada la naturaleza a largo plazo de una instalación logística, estos empleos presentan una persistencia permanente (4) a lo largo de toda la vida útil del proyecto. El impacto exhibe una sinergia simple (1) y una naturaleza acumulativa (1), sumándose progresivamente al desarrollo de competencias laborales en la región. Finalmente, tanto su recuperabilidad (4) como su reversibilidad (4) adquieren estos valores en el modelo de evaluación, con una periodicidad de (1), manteniendo un flujo constante de actividad humana.

- **Incremento del nivel socioeconómico (Economía local).** El desarrollo del estacionamiento actuará como un descanso de aparcamiento de visitantes al , parque Jaguar, generando un incremento del nivel socioeconómico de la región. Este es uno de los beneficios más destacados, alcanzando una importancia de 43 (moderado positivo).

La intensidad de esta externalidad se califica como media (4), debido a la fuerte reactivación de la cadena de suministro local, la demanda de insumos, servicios y la atracción de nuevas inversiones asociadas al nodo logístico. Por otro lado, su extensión es extensa (4); aunque la obra física tiene un polígono definido, la derrama económica, la reducción de costos logísticos y la conectividad impactarán positivamente a nivel regional y macrorregional.

Este beneficio tiene un efecto directo (4) sobre los sectores comerciales paralelos al proyecto. A diferencia de la generación de empleo, la consolidación de la economía local tiene un momento a corto plazo (4), ya que el clúster económico se fortalece una vez que el estacionamiento este en construcción y posterior la operación. Este crecimiento presenta una persistencia permanente (1) durante la vida útil del proyecto. Resulta ser un impacto altamente sinérgico (1), al interactuar y potenciar otros sectores industriales y comerciales. Además, es de naturaleza fuertemente acumulativa (1), sumando valor a la dinámica económica existente. Se complementa con valores de recuperabilidad (4) y reversibilidad (4), operando bajo una periodicidad continua (1).

- **Incremento y difusión de bienes culturales de la Nación (Sitios arqueológicos)** Durante los movimientos de tierra, existe la posibilidad de realizar hallazgos de vestigios históricos. Lejos de representar únicamente un obstáculo técnico, los trabajos de salvamento (supervisados estrictamente por el INAH) propician el impacto de incremento y difusión de bienes culturales de la Nación. Este impacto cultural presenta una importancia de 35 (Moderado positivo).

  La intensidad de este beneficio se evalúa como baja (2), puesto que depende de la presencia fortuita y densidad de los vestigios en el sitio. Su extensión es puntual (), limitándose estrictamente al polígono de excavación y a las áreas donde se remueva el suelo. Sin embargo, tiene un efecto directo (4), ya que el rescate, catalogación y eventual resguardo de las piezas son consecuencias primarias e inmediatas de las labores prospectivas.

  Su manifestación tiene un momento inmediato (4), detonándose en el instante mismo del hallazgo durante las actividades de despalme y corte. El conocimiento generado y el resguardo de estos bienes presentan una persistencia permanente (4), enriqueciendo de manera definitiva el acervo histórico del país. A nivel ecosistémico y social, presenta una sinergia simple (1) y una acumulación simple (1). Destaca su recuperabilidad, la cual se clasifica con un valor crítico de (8), ya que la intervención técnica y científica permite recuperar y preservar un patrimonio que, de otra forma, permanecería oculto o susceptible a la degradación natural, completando la evaluación con una reversibilidad de (4) y una periodicidad de (1).



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

### IV.1.5 Impactos Residuales

Los impactos residuales representan aquellas alteraciones ambientales que permanecen en la Región Ecológica después de la aplicación de las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación previstas para el proyecto. Estos impactos corresponden a modificaciones que, por su naturaleza o por la ocupación permanente del territorio requerida para la infraestructura, no pueden eliminarse completamente mediante acciones de manejo ambiental (Conesa Fernández-Vítora, 2010). En términos de evaluación ambiental, los impactos residuales constituyen el efecto remanente que persiste una vez implementadas todas las medidas técnica y ambientalmente viables, por lo que representan el verdadero aporte del proyecto a la transformación del territorio (Glasson et al., 2013).

En el caso de parque del Estacionamiento del Parque Jaguar, Tulum, las medidas de mitigación propuestas reducen significativamente la magnitud de los impactos identificados; sin embargo, existen modificaciones permanentes asociadas a la ocupación física del suelo, la consolidación del estacionamiento, así como la transformación del paisaje, las cuales persistirán durante toda la vida útil del proyecto. Entre los principales impactos residuales destacan la modificación permanente del relieve, la pérdida irreversible de superficies de infiltración, la alteración de la dinámica hidrológica local, la disminución definitiva de la cobertura vegetal dentro de la huella de ocupación, la fragmentación del hábitat, la modificación de la conectividad ecológica y el cambio permanente de la calidad escénica del paisaje. Estas alteraciones se suman a la dinámica antropogénica existente en la Región Ecológica, caracterizada por la expansión urbana, la infraestructura de transporte, las actividades agropecuarias y el desarrollo industrial (CONABIO, 2016; INEGI, 2023).

- **Geoformas**
  a) **<u>Cambio en el relieve o microrelieve</u>**

La conformación del estacionamiento, el pedraplén y el terraplén, patios de genera una modificación irreversible del relieve natural. Aunque el diseño geométrico incorpora medidas de estabilización y revegetación de áreas susceptibles de erosión, la topografía original no podrá recuperarse debido a que la infraestructura permanecerá durante toda la vida útil del proyecto.

Este impacto residual no se limita al movimiento de tierras efectuado durante la construcción, sino que representa la consolidación de una nueva geoforma de origen antrópico que modifica permanentemente la distribución espacial de pendientes, la dinámica geomorfológica y los procesos naturales de transporte de sedimentos. Como consecuencia, el sitio experimentará una nueva configuración morfológica que condicionará el comportamiento hidrológico superficial y la evolución futura del paisaje (Tarbuck et al., 2020; Pedraza, 1996). Desde una perspectiva regional, esta transformación contribuye al proceso acumulativo de antropización del territorio, donde la infraestructura lineal y logística constituye uno de los principales agentes modificadores del relieve.

- **Hidrología**

  b) **<u>Variación en las superficies de infiltración y Cambio en los patrones de escurrimiento y almacenamiento del agua</u>**

Uno de los impactos residuales de mayor relevancia corresponde a la impermeabilización permanente del suelo derivada de la colocación de la base hidráulica. Si bien el proyecto incorpora sistemas de drenaje pluvial, canalización de escurrimientos hacia el pedraplén, la capacidad natural de infiltración existente antes del desarrollo del proyecto no podrá restituirse completamente en el aérea ocupada por el proyecto.

- **Biodiversidad (flora)**

  c) **<u>Pérdida de cobertura vegetal</u>**

Las acciones de rescate de flora y reforestación permiten recuperar parcialmente la funcionalidad ecológica del proyecto a escala regional; sin embargo, la vegetación eliminada dentro de la superficie ocupada por la infraestructura no podrá restablecerse en su ubicación original.

En consecuencia, permanecerá una reducción definitiva de la cobertura vegetal dentro de la huella del proyecto, con la consecuente pérdida residual de servicios ecosistémicos asociados, entre ellos la captura de carbono, la regulación microclimática, la protección del suelo frente a la erosión, la infiltración del agua, el reciclaje de nutrientes y el mantenimiento de procesos ecológicos propios de la vegetación nativa. Aunque estos servicios podrán compensarse parcialmente mediante acciones de restauración en sitios externos, la funcionalidad ecológica original del área de desplante no podrá restituirse completamente (MEA, 2005; Rzedowski, 2006; CONABIO, 2016).

- **Biodiversidad (fauna)**

  d) **<u>Modificación y pérdida de hábitat</u>**

A pesar de la implementación de acciones de rescate y reubicación de fauna, reforestación y medidas de manejo durante la construcción, el estacionamiento constituirá un elemento permanente dentro del paisaje que modificará la configuración espacial del hábitat.

Este impacto residual no se limita únicamente a la pérdida física de vegetación, sino que implica la permanencia de un efecto barrera para diversas especies de fauna silvestre. La presencia de estacionamiento modifica los patrones naturales de desplazamiento, restringe parcialmente la conectividad entre fragmentos de vegetación y favorece la utilización de rutas alternativas por parte de la fauna. La literatura especializada reconoce que la fragmentación del paisaje disminuye el flujo de organismos, incrementa el efecto de borde y modifica la dinámica poblacional de

numerosas especies, particularmente aquellas con requerimientos ecológicos especializados (Forman & Godron, 1986; Forman, 1995; Fahrig, 2003).

Aunque el proyecto contempla medidas para disminuir la mortalidad y facilitar el movimiento de organismos, la conectividad ecológica original del sitio no podrá recuperarse completamente, por lo que persistirá una fragmentación funcional del paisaje durante toda la vida útil del proyecto.

- **Paisaje**

e) **<u>Modificación de la calidad del paisaje</u>**

El estacionamiento representa una modificación permanente del paisaje regional, la incorporación transforma de manera irreversible la percepción visual del sitio.

A diferencia de los impactos temporales propios de la construcción, esta alteración permanecerá durante la operación del proyecto, consolidando un paisaje predominantemente industrial dentro de un entorno previamente dominado por vegetación natural y superficies agropecuarias.

En este sentido, el impacto residual no sólo corresponde al cambio estético del paisaje, sino también a la pérdida parcial de naturalidad, disminución de la calidad escénica y modificación de la estructura espacial del territorio. La transformación visual constituye un efecto acumulativo que se integra a otros desarrollos existentes dentro de la Región Ecológica, fortaleciendo el proceso regional de urbanización e industrialización (Forman & Godron, 1986; Farina, 2006).

En conjunto, los impactos residuales identificados para el estacionamiento corresponden principalmente a la ocupación permanente del territorio y a la transformación física inherente a su establecimiento. No obstante, considerando que la superficie de desplante representa únicamente una fracción de la Región Ecológica, que el proyecto incorpora medidas de rescate de flora y fauna, restauración ambiental, reforestación, manejo de escurrimientos, supervisión ambiental permanente, se prevé que dichos impactos mantengan un alcance predominantemente local y no comprometan la funcionalidad ecológica regional. En consecuencia, los impactos residuales son compatibles con el desarrollo del proyecto, siempre que las medidas de manejo ambiental propuestas se implementen y supervisen durante todas las etapas del ciclo de vida del proyecto, en concordancia con los principios de prevención, mitigación y compensación establecidos en la legislación ambiental mexicana (LGEEPA, 2024; Conesa Fernández-Vítora, 2010).

## IV.1.6 Impactos Acumulativos

Los impactos acumulativos corresponden a aquellas alteraciones ambientales cuya magnitud aumenta como consecuencia de la interacción temporal y espacial entre las acciones del proyecto y otras actividades pasadas, presentes o

razonablemente previsibles que se desarrollan dentro de la Región Ecológica. A diferencia de los impactos directos, los impactos acumulativos representan la suma progresiva de múltiples presiones ambientales que, aun cuando individualmente pudieran ser moderadas, en conjunto incrementan la transformación de los ecosistemas y reducen su capacidad de recuperación (Conesa Fernández-Vítora, 2010; Canter, 1996).

Los impactos acumulativos se relacionan principalmente con la consolidación industrial del estado de Quintana Roo, donde convergen infraestructura carretera, líneas férreas, zonas industriales, centros de distribución, actividades agropecuarias y expansión urbana. En este contexto, el proyecto constituye un elemento adicional dentro de un territorio que ya presenta procesos continuos de cambio de uso del suelo y transformación del paisaje. Por ello, los efectos ambientales más relevantes corresponden al incremento de la presión sobre los recursos edáficos, hidrológicos y biológicos, así como a la modificación progresiva de la estructura del paisaje regional (CONABIO, 2016; INEGI, 2023).

- **Edafología**

**a) <u>Cambio en las características fisicoquímicas del suelo y procesos erosivos</u>**

Los impactos acumulativos sobre el suelo se asocian principalmente a la posible contaminación por hidrocarburos y sustancias químicas, la pérdida del horizonte orgánico, la compactación, la disminución de la permeabilidad y el incremento de los procesos erosivos. Aunque el proyecto incorpora medidas de prevención para el manejo de combustibles, residuos peligrosos y restauración de áreas temporales, estas alteraciones se suman a las modificaciones históricas ocasionadas por actividades agrícolas, caminos existentes, bancos de materiales, infraestructura vial y desarrollo urbano.

Como resultado, el suelo experimenta una disminución progresiva de su capacidad para mantener procesos ecológicos fundamentales como el reciclaje de nutrientes, la infiltración del agua, la actividad biológica y el soporte de la vegetación. La acumulación de estas alteraciones incrementa la susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica, favoreciendo la degradación gradual del recurso edáfico (FAO, 2015; Brady & Weil, 2017; Morgan, 2005).

- **Atmósfera**

**b) <u>Incremento acumulativo de emisiones atmosféricas</u>**

Durante las etapas de construcción y operación se generan emisiones de gases de combustión, material particulado ($PM_{10}$ y $PM_{2.5}$) y gases de efecto invernadero provenientes de maquinaria pesada, vehículos de carga, locomotoras y procesos logísticos. Individualmente estas emisiones presentan un alcance predominantemente local; sin embargo, al integrarse con las emisiones generadas por las actividades industriales y el transporte regional, contribuyen al incremento acumulativo de contaminantes atmosféricos.

Este efecto acumulativo representa una presión adicional sobre la calidad del aire y sobre el balance regional de emisiones de gases de efecto invernadero, aun cuando el proyecto contemple mantenimiento preventivo, control de polvo y revegetación. La literatura especializada reconoce que este tipo de proyectos incrementa progresivamente la carga atmosférica cuando se desarrollan dentro de corredores industriales consolidados (IPCC, 2023; WHO, 2021; SEMARNAT, 2023).

- **Hidrología**

**c) <u>Cambio en las características fisicoquímicas del agua y Modificación del nivel de agua subterránea</u>**

La construcción de superficies impermeables, terraplén y tendido de base hidráulica genera una reducción localizada de la infiltración y una modificación de los patrones de escurrimiento superficial. Aunque el diseño hidráulico contempla obras de drenaje pluvial y conducción controlada de escurrimientos, estos cambios se suman a la disminución histórica de áreas permeables ocasionada por el crecimiento urbano y la infraestructura existente.

Desde una perspectiva regional, la reducción gradual de superficies naturales favorece modificaciones acumulativas en la recarga del acuífero, altera la distribución espacial de los flujos superficiales e incrementa la susceptibilidad al transporte de sedimentos y contaminantes durante eventos de lluvia intensa. Asimismo, los riesgos potenciales asociados a derrames accidentales se incorporan a otras fuentes difusas de contaminación existentes en la región, por lo que el manejo adecuado de residuos y sustancias peligrosas resulta fundamental para evitar una degradación acumulativa de la calidad del agua (Chow et al., 1988; Dingman, 2015; CONAGUA, 2024).

- **Biodiversidad (Flora)**

**d) <u>Afectación de especies e individuos de flora e incluidos en la NOM-059-SEMARNAT, Pérdida de la cobertura vegetal y Cambio en el número de individuos/ha</u>**

La remoción de vegetación requerida para el establecimiento del estacionamiento representa una pérdida localizada de cobertura vegetal que, al sumarse al cambio histórico de uso del suelo registrado en la Región Ecológica, incrementa la transformación progresiva del paisaje.

Aunque el proyecto incorpora acciones de rescate de flora y compensación mediante la reforestación, la eliminación permanente de vegetación dentro del área de desplante contribuye a la disminución acumulativa de la cobertura forestal, la densidad de individuos, la captura de carbono, la regulación microclimática y otros servicios ecosistémicos esenciales.

De igual manera, la pérdida continua de fragmentos de vegetación reduce gradualmente la capacidad de regeneración natural de las comunidades vegetales y aumenta la vulnerabilidad de especies con requerimientos ecológicos específicos, particularmente aquellas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, cuya

conservación depende de la permanencia de hábitats funcionales y conectados (Rzedowski, 2006; CONABIO, 2016; SEMARNAT, 2010).

- **Biodiversidad (Fauna)**

**e) <u>Afectación de especies e individuos de fauna, Modificación, pérdida de hábitat y rutas de desplazamiento</u>**

Los impactos acumulativos sobre la fauna se derivan principalmente de la pérdida gradual del hábitat, el incremento de ruido, iluminación artificial, tránsito vehicular y presencia permanente del estancamiento.

Aunque el proyecto contempla acciones de rescate, reubicación de fauna, estas medidas no eliminan completamente la presión acumulativa generada por la expansión continua de la urbanización y crecimiento agrícola de la RE. Como consecuencia, la disminución progresiva de áreas de refugio y alimentación favorece el desplazamiento de especies especialistas hacia zonas conservadas y promueve el establecimiento de especies generalistas adaptadas a ambientes antropizados.

Adicionalmente, la presencia de nuevas barreras físicas incrementa el efecto acumulativo sobre la conectividad ecológica, reduciendo paulatinamente el intercambio de individuos entre fragmentos de vegetación y favoreciendo procesos de aislamiento poblacional. Estos efectos adquieren mayor relevancia para especies sujetas a protección por la NOM-059-SEMARNAT-2010, cuya viabilidad depende del mantenimiento de corredores biológicos funcionales (Forman & Godron, 1986; Forman, 1995; Fahrig, 2003; Primack, 2020).

- **Paisaje**

**f) <u>Transformación Modificación de la calidad del paisaje, Modificación de superficies de conservación y Modificación de la cuenca visual</u>**

El estacionamiento constituye un nuevo elemento industrial dentro de un territorio donde ya existen infraestructura carretera, instalaciones ferroviarias y áreas agrícolas.

Como consecuencia, el proyecto fortalece el proceso acumulativo de transformación del paisaje, modificando gradualmente la percepción visual, la composición escénica y el grado de naturalidad del territorio. La pérdida progresiva de cobertura vegetal, la introducción de edificaciones, patios de maniobra, iluminación y vialidades incrementan la fragmentación visual y reducen la continuidad del paisaje natural.

Desde el punto de vista ecológico, estos cambios también repercuten sobre la conectividad entre fragmentos de vegetación, disminuyen la disponibilidad de refugios para la fauna y reducen la resiliencia del ecosistema frente a perturbaciones naturales, tales como sequías, incendios o eventos meteorológicos extremos (Farina, 2006; Forman & Godron, 1986).

En conjunto, los impactos acumulativos asociados al estacionamiento representan una contribución adicional a las presiones ambientales que actualmente experimenta la Región Ecológica. No obstante, considerando la escala espacial del proyecto respecto del territorio regional, la implementación de acciones de rescate de flora y fauna, reforestación, manejo integral de residuos, control de emisiones atmosféricas y diseño hidráulico para el manejo de escurrimientos, se prevé que dichos impactos mantengan un alcance predominantemente local y no generen una alteración significativa de la funcionalidad ecológica regional. En este sentido, el proyecto incrementará de manera moderada las tendencias actuales de transformación del territorio, sin representar por sí mismo el factor dominante de cambio ambiental, siempre que las medidas de manejo ambiental propuestas sean implementadas y supervisadas durante todas las etapas del proyecto.

## IV.2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN

Las medidas ambientales son un conjunto de acciones específicas, planificadas y ejecutables que deben implementarse para evitar la generación de impactos ambientales adversos, reducir, controlar o minimizar su magnitud, extensión o duración, restaurar las condiciones ambientales afectadas o bien, cuando ésta no sea técnica o ambientalmente viable, se deberán compensar los impactos negativos residuales mediante la generación de beneficios ambientales equivalentes o superiores.

La clasificación por tipo de medidas se definió conforme a lo estipulado dentro del *ACUERDO por el que se dan a conocer las medidas de simplificación administrativa aplicadas, se expiden y modifican los formatos de los trámites a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en materia de impacto ambiental (DOF - Diario Oficial de la Federación)* del 01 de abril de 2026 conforme a lo siguiente:

**Tabla IV.17. Tipos de medidas aplicables al proyecto del proyecto. Elaboración propia.**

| Tipo de medida | Clave |
|---|---|
| Prevención | P1 |
| Mitigación | M1 |
| Compensación | C1 |
| Restauración | R1 |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

## IV.2.1. Clasificación de medidas ambientales

➢ **Medidas de Prevención (P1)**

Las medidas de prevención son aquellas destinadas a **evitar que un impacto ambiental llegue a producirse**. Se implementan antes del inicio de las actividades que podrían generar una afectación, mediante modificaciones en el diseño, la planeación o la ejecución del proyecto. Su finalidad es eliminar la fuente del impacto o impedir que el factor ambiental sea alterado.

**Características**

- Se aplican antes de generar el impacto.
- Son las medidas de mayor prioridad dentro de la jerarquía ambiental.
- Generalmente implican cambios en el diseño del proyecto.
- Buscan eliminar el riesgo ambiental.

**Ejemplos**

- Delimitación de áreas de exclusión ambiental.
- Modificación del trazo para evitar humedales.
- Evitar desmontes fuera de la huella constructiva.
- Programar obras fuera de la temporada reproductiva de fauna.
- Señalización de árboles a conservar.
- Protección física de cuerpos de agua.

➢ **Medidas de Mitigación (M1)**

Las medidas de mitigación son aquellas orientadas a **reducir la intensidad, extensión, duración o probabilidad de los impactos ambientales que no pueden evitarse completamente**. No eliminan el impacto, pero disminuyen significativamente sus efectos.

**Características**

- Se aplican durante la ejecución del proyecto.
- Disminuyen la severidad del impacto.
- Son las medidas más utilizadas en una MIA.
- Buscan reducir el Valor de Importancia (IMP) del impacto.

**Ejemplos**

- Riego de caminos para controlar polvo.
- Barreras acústicas para disminuir ruido.
- Obras de drenaje para evitar erosión.
- Pasos de fauna.



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

- Control de velocidad de maquinaria.
- Programas de rescate y reubicación de flora y fauna.
- Estabilización de taludes.

➢ **Medidas de Compensación (C1)**

Las medidas de compensación se aplican cuando **los impactos negativos persisten aun después de implementar las medidas de prevención y mitigación**, por lo que buscan generar beneficios ambientales equivalentes en otro sitio o mediante otras acciones. No eliminan el impacto, sino que compensan la pérdida ocasionada.

**Características**

- Se utilizan únicamente cuando existen impactos residuales.
- Son el último recurso dentro de la jerarquía de manejo.
- Deben procurar una equivalencia ecológica con el impacto generado.

**Ejemplos**

- Reforestación compensatoria.
- Compensación forestal.
- Restauración de ecosistemas equivalentes fuera del proyecto.
- Creación o fortalecimiento de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC).
- Financiamiento de programas de conservación.
- Protección de hábitat equivalente.

➢ **Medidas de Restauración (R1)**

Las medidas de restauración buscan **recuperar las condiciones ecológicas, físicas o funcionales de un sitio que fue alterado por el proyecto**, aproximándolo, en la medida de lo posible, a su estado previo o restableciendo su funcionalidad. Se aplican principalmente durante el cierre del proyecto o al concluir actividades temporales.

**Características**

- Recuperan áreas previamente afectadas.
- Restablecen procesos ecológicos.
- Favorecen la regeneración natural.
- Pueden incluir rehabilitación ecológica cuando no es posible recuperar completamente el estado original.

**Ejemplos**

- Descompactación del suelo.
- Reconformación de taludes.

- Restitución de capa vegetal.
- Revegetación con especies nativas.
- Restauración hidrológica.
- Recuperación de cauces temporales.
- Retiro de infraestructura temporal.
- Restauración de sitios de préstamo.

### IV.2.2. Medidas ambientales a implementar durante cada una de las etapas del Proyecto

Las **medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración** han sido diseñadas bajo un enfoque sistémico, con el objetivo primordial de prevenir, atenuar o reparar las alteraciones ambientales causadas por desarrollo del proyecto. El diseño de estas acciones se manifiesta en la atención de impactos identificados por la construcción de la plataforma de carga; buscando salvaguardar la integridad de los procesos ecológicos de los elementos naturales a largo plazo.

**Tabla IV.18. Nombre y descripción de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración. Elaboración propia.**

| CLAVE | MEDIDAS DE MITIGACIÓN |
|---|---|
| **P01** | Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada. |
| **P02** | Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo. |
| **P03** | Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra. |
| **P04** | Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP). |
| **P05** | Manejo integral de residuos generados en la obra. |
| **P06** | Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo. |
| **P08** | Acciones de capacitación y educación ambiental para el personal. |
| **P07** | Monitoreo de calidad del agua en pozo o norias cercanas al proyecto |
| **M01** | Retiro de material excedente y reconformación topográfica. |
| **M02** | Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal. |
| **M03** | Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales. |
| **M04** | Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo |
| **M05** | Uso de lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales. |
| **M06** | Acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre. |
| **M07** | Construcción, y mantenimiento de obras de drenaje longitudinal |
| **M08** | Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre. |
| **M09** | Franjas de infiltración con vegetación natural nativa dentro del estacionamiento |
| **C01** | Compensación ambiental mediante Reforestación de especies nativas en 1 hectárea |

En el presente proyecto no se contemplan medidas de restauración en sentido estricto. Lo anterior obedece a que este tipo de medidas tiene como finalidad restablecer las condiciones ecológicas originales o recuperar la funcionalidad ambiental de los componentes que han sido alterados por las actividades del proyecto, una vez que cesa la fuente de afectación. Dado que el proyecto corresponde a una obra de carácter permanente, las modificaciones derivadas de su construcción y operación, tales como el cambio de uso del suelo y la ocupación definitiva de la superficie requerida, no permiten la recuperación integral de las condiciones

ambientales preexistentes dentro de las áreas ocupadas por la infraestructura. En consecuencia, no resulta técnicamente viable implementar medidas de restauración sobre los componentes ambientales que serán transformados de manera permanente.

Por esta razón, el proyecto incorpora una medida de compensación ambiental dirigidas a contrarrestar los impactos residuales inevitables mediante acciones de reforestación, Las medidas ambientales priorizan que la manifestación de impactos en zonas de alta sensibilidad sea mínima, para aquellos impactos residuales que, por la naturaleza técnica de la obra, poseen un carácter permanente, asegurando la continuidad de los servicios ecosistémicos. A continuación, se detallan las acciones específicas propuestas conforme a las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto:



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

**Tabla IV.19. Descripción medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental. Elaboración propia.**

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td>P01</td><td>Medida: P01 - Delimitación topográfica de las áreas de trabajo conforme a la huella constructiva autorizada.<br><br>Restringir estrictamente todas las obras, maniobras y actividades del proyecto a la superficie evaluada y autorizada en la Manifestación de Impacto Ambiental. Previo al inicio de cualquier actividad de preparación del sitio, se realizará el trazo topográfico para delimitar físicamente la huella constructiva. Esta delimitación se ejecutará mediante estacado topográfico, mojoneras, malla perimetral o cinta barricada de alta visibilidad, garantizando que el personal, la maquinaria y el equipo no trasciendan estos límites en ninguna circunstancia.<br><br>Objetivo: Prevenir la perturbación de los ecosistemas adyacentes, evitando la remoción de vegetación, la compactación del suelo y la afectación a la fauna fuera del polígono autorizado por la autoridad ambiental.<br><br>Periodicidad de implementación: Permanente y preventiva. La delimitación física se instalará previo al inicio de la etapa de preparación del sitio y recibirá mantenimiento continuo durante toda la etapa de construcción para asegurar su visibilidad.<br><br>Plazo de ejecución: 2.5 meses (durante toda la vigencia de las etapas de preparación del sitio y construcción).</td><td>Dentro de la huella constructiva del proyecto</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento<br><table><tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr><tr><td>Delimitación topográfica previa</td><td>Proporción del polígono de trabajo físicamente delimitado antes del inicio de obra.</td><td>$\left(\frac{\text{Perímetro delimitado}}{\text{Perímetro total autorizado}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Metros lineales (m)</td></tr><tr><td>Materiales y señalización</td><td>Uso de los materiales estipulados (estacado, malla, mojoneras, barricada).</td><td>Verificación visual de los elementos instalados por frente de trabajo.</td><td>Presencia / Ausencia</td></tr><tr><td>Mantenimiento de la delimitación</td><td>Restitución o reparación de la delimitación caída, rota o robada.</td><td>$\left(\frac{\text{Mantenimientos ejecutados}}{\text{Recorridos con hallazgos de daño}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Número de reportes</td></tr></table>Parámetros de Verificación de Eficacia<br><table><tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr><tr><td>Respeto a la huella constructiva</td><td>Invasiones operativas fuera del polígono autorizado.</td><td>Conteo de incidencias donde maquinaria, personal o acopios rebasen los linderos delimitados.</td><td>Número de incidencias (El objetivo es 0)</td></tr><tr><td>Protección de ecosistemas adyacentes</td><td>Afectación no autorizada (remoción de vegetación o compactación de suelo).</td><td>Levantamiento topográfico o satelital de superficie impactada fuera de los límites de la MIA.</td><td>Metros cuadrados ($m^2$) o Hectáreas (ha) (El objetivo es 0)</td></tr></table>Medios de Verificación (Evidencias)<br>• Archivos digitales y planos del proyecto autorizado en la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA).<br>• Evidencia fotográfica: Fotografías del estacado o cinta delimitando la frontera entre la obra y la vegetación intacta.<br>• Listas de Asistencia a Pláticas de Inducción: Registros de capacitación donde se instruya a operadores de maquinaria y personal de obra sobre la prohibición absoluta de rebasar la línea de delimitación.</td></tr>
<tr><td>P02</td><td>Medida: P02 - Protocolo preventivo para el suministro y recarga de combustible en frentes de trabajo.<br><br>El suministro de combustibles, lubricantes y aditivos en campo se realizará exclusivamente mediante autotanques o camiones tipo "orquesta" debidamente acondicionados. Estos vehículos deberán ser operados por personal capacitado, contar con la señalización normativa para el</td><td>Dentro del proyecto</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento<br><table><tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr><tr><td>Uso de contención secundaria</td><td>Proporción de maniobras de recarga supervisadas en las que se utilizaron</td><td>$\left(\frac{\text{Maniobras con uso de charola}}{\text{Total de maniobras supervisadas}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr></table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>transporte de materiales peligrosos y disponer de un equipo de respuesta a emergencias (kit antiderrame) con capacidad suficiente para contener y absorber hidrocarburos de forma inmediata.<br><br>La recarga se ejecutará preferentemente en zonas con suelo compactado o estabilizado, evitando áreas con suelo natural expuesto o cercanía a cuerpos de agua. Durante la maniobra de trasvase, será obligatorio el uso de charolas de contención secundaria o geomembranas impermeables colocadas directamente debajo de los receptáculos, mangueras y boquillas de la maquinaria pesada para captar cualquier goteo accidental. Se prohíbe el esparcimiento preventivo de materiales absorbentes sobre el suelo para evitar la generación innecesaria de residuos peligrosos.<br><br>Finalmente, los camiones abastecedores deberán recargar sus propios tanques en estaciones de servicio (gasolineras) formalmente establecidas más cercanas a los frentes de trabajo, quedando prohibido el almacenamiento no autorizado de hidrocarburos dentro del área del proyecto.<br><br>Objetivo: Prevenir la alteración fisicoquímica del suelo y la posible contaminación de escurrimientos hídricos por derrames accidentales de hidrocarburos durante las maniobras de abastecimiento de maquinaria.<br><br>Periodicidad de implementación: Continua y de aplicación obligatoria en cada maniobra de suministro de combustible durante toda la etapa constructiva.<br><br>Plazo de ejecución: 2.5 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la fase de preparación del sitio y construcción).</td>
<td></td>
<td>
<table>
<tr><td></td><td>charolas o geomembranas.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Equipamiento de los vehículos (Orquestas)</td><td>Camiones abastecedores que cuentan con kit antiderrame completo y señalización normativa de materiales peligrosos.</td><td>$\left(\frac{\text{Camiones con equipamiento completo}}{\text{Total de camiones orquesta en obra}} \times 100\right)$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Capacitación del personal</td><td>Operadores de autotanques capacitados en el protocolo de recarga y uso del kit antiderrame.</td><td>$\left(\frac{\text{Operadores capacitados}}{\text{Total de operadores de recarga}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Prohibición de almacenamiento en sitio</td><td>Ausencia de tanques fijos o tambores de almacenamiento de hidrocarburos no autorizados dentro del polígono</td><td>Conteo de sitios de almacenamiento irregular detectados en recorridos.</td><td>Número de sitios (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Prevención de contaminación del suelo</td><td>Derrames de hidrocarburos que alcanzaron el suelo natural expuesto.</td><td>Número de incidentes donde el combustible superó la contención secundaria e impactó el suelo.</td><td>Número de incidentes (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Protección hídrica</td><td>Derrames de hidrocarburos que alcanzaron escurrimientos, cuerpos de agua o drenajes.</td><td>Número de eventos de contaminación hídrica por trasvase.</td><td>Número de eventos (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Capacidad de respuesta ante emergencias</td><td>Efectividad en la contención inmediata de goteos o derrames accidentales usando el kit antiderrame.</td><td>$\left(\frac{\text{Derrames contenidos exitosamente}}{\text{Total de derrames accidentales}} \times 100\right)$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Generación de suelo contaminado</td><td>Volumen de suelo que tuvo que ser remediado o retirado como residuo</td><td>Sumatoria del volumen de suelo contaminado retirado.</td><td>Metros cúbicos ($m^3$) o Kilogramos (kg)</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>
<table>
<tr><td></td><td>peligroso a causa de recargas deficientes.</td><td></td><td></td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)
<ul>
<li>Listas de Verificación (Checklists) de Maquinaria: Formatos de inspección pre-operativa de los camiones "orquesta" que validen la presencia del kit antiderrame y señalética vigente.</li>
<li>Evidencia fotográfica en campo mostrando la ejecución correcta del trasvase (camión sobre suelo compactado, uso de charolas bajo las boquillas y ausencia de derrames).</li>
<li>Listas de Asistencia de Capacitación: Registros firmados por los operadores comprobando que recibieron la inducción sobre el manejo de hidrocarburos y respuesta a emergencias.</li>
<li>Reportes de Incidentes Ambientales: En caso de goteo o derrame, el formato de reporte que detalle la cantidad derramada, la acción de respuesta con el kit y la disposición final del material absorbente usado.</li>
</ul>
</td></tr>
<tr><td>P03</td><td>Medida: P03 - Control y mantenimiento preventivo de vehículos, maquinaria y equipo de obra.<br><br>El mantenimiento preventivo del parque vehicular, maquinaria y equipo de construcción se ejecutará de manera conforme a las especificaciones del fabricante. Estas actividades se realizarán exclusivamente en áreas habilitadas para tal fin (patios de maquinaria), las cuales deberán contar con superficies impermeabilizadas o bases compactadas que impidan la infiltración de hidrocarburos al subsuelo.<br><br>Todos los residuos generados durante el mantenimiento (estopas impregnadas, filtros, aceites gastados, envases) serán clasificados, etiquetados y resguardados en el Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP) del proyecto, para su posterior recolección y disposición final mediante empresas debidamente autorizadas por la SEMARNAT.<br><br>Queda estrictamente prohibido realizar mantenimiento mayor o correctivo dentro del polígono del proyecto. En caso de avería mayor, la maquinaria deberá ser trasladada a talleres mecánicos externos. Excepcionalmente, si la inmovilización del equipo imposibilita su traslado de forma segura, la reparación in situ se realizará implementando un sistema de contención secundaria riguroso (charolas metálicas de capacidad sobrada o tendido de geomembranas impermeables con bermas perimetrales), garantizando el aislamiento total entre los fluidos mecánicos y el suelo natural.</td><td>En talleres cercanos al proyecto</td><td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Programa de mantenimiento preventivo</td><td>Proporción de maquinaria y vehículos con sus servicios mecánicos al corriente según el fabricante.</td><td>$\left(\frac{\text{Equipos con mantenimiento vigente}}{\text{Total del padrón de equipos en obra}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Uso de áreas designadas</td><td>Mantenimientos preventivos ejecutados exclusivamente en patios con superficie impermeable.</td><td>$\left(\frac{\text{Mantenimientos en patio autorizado}}{\text{Total de mantenimientos realizados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Cumplimiento de emisiones (NOM-041, 045, 050)</td><td>Proporción del parque vehicular y maquinaria que cuenta con certificado o prueba de emisiones aprobada.</td><td>$\left(\frac{\text{Equipos con verificación aprobada}}{\text{Total de equipos sujetos a la norma}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Protocolo de reparación in situ (excepciones)</td><td>Uso de contención secundaria (charolas/geomembranas) en equipos inmovilizados por avería mayor.</td><td>$\left(\frac{\text{Reparaciones in situ con contención}}{\text{Total de reparaciones in situ (emergencias)}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Gestión de residuos peligrosos</td><td>Trazabilidad de los residuos generados (aceites, filtros) desde el ATRP hasta su disposición final.</td><td>Conteo de Manifiestos de Entrega-Recepción emitidos por empresa autorizada por SEMARNAT.</td><td>Documentos / Manifiestos</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Prevención de contaminación del suelo</td><td>Derrames de fluidos mecánicos (aceites, anticongelante, líquido de</td><td>Número de incidentes de contaminación generados por fallas mecánicas o</td><td>Número de eventos (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>Para minimizar la contaminación del aire los mantenimientos deberán dar cumplimiento a las Normas oficiales mexicanas:<br>• NOM-041-SEMARNAT-2015, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación, que usan gasolina como combustibles.<br>• NOM-045-SEMARNAT-2017, que establecen los niveles máximos de opacidad de humo provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible.<br>• NOM-050-SEMARNAT-2018, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.<br><br>Objetivo: Prevenir la contaminación del suelo y de los escurrimientos hídricos por fugas o derrames accidentales, asegurando el óptimo estado mecánico del equipo y prohibiendo prácticas inseguras de reparación en campo. Esto a su vez ayudará a minimizar la emisión de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GYCEI).<br><br>Periodicidad de implementación: Continua y preventiva. Sujeta a la ejecución de las bitácoras de mantenimiento de cada equipo, de aplicación obligatoria durante todas las fases constructivas de la obra.<br><br>Plazo de ejecución: 2.5 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).</td>
<td></td>
<td>
<table>
<tr><td></td><td>frenos) que impactaron el suelo natural.</td><td>malas prácticas de reparación.</td><td></td></tr>
<tr><td>Control de Gases de Efecto Invernadero (GYCEI)</td><td>Presencia de vehículos operando con emisiones ostensibles (humo negro denso / alta opacidad).</td><td>Número de equipos retirados del frente de trabajo por rebasar visiblemente los límites de opacidad.</td><td>Número de equipos (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Confiabilidad mecánica de la flota</td><td>Incidencia de averías mecánicas mayores en campo (indicador indirecto de la calidad del mantenimiento preventivo).</td><td>Número de fallas mayores que requirieron inmovilización o rescate del equipo dentro del polígono.</td><td>Número de averías</td></tr>
<tr><td>Impermeabilidad del patio de maquinaria</td><td>Ausencia de infiltraciones en el subsuelo del área destinada a los mantenimientos.</td><td>Identificación visual de manchas o fracturas en la superficie impermeabilizada del patio.</td><td>Número de hallazgos / No Conformidades</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)<br>
• Bitácoras de Mantenimiento de Maquinaria<br>
• Manifiestos de Residuos Peligrosos: Documentos oficiales de la SEMARNAT firmados por el generador (proyecto), transportista y el centro de acopio o disposición final.<br>
• Evidencia fotográfica:<br>
1. Condiciones del patio de maquinaria (mostrando planchas de concreto o geomembranas intactas).<br>
2. Evidencia de la correcta aplicación del protocolo de contención en casos de reparaciones de emergencia in situ.<br>
• Reportes de Supervisión Ambiental: Minutas donde conste la revisión de opacidad visual de la maquinaria operando y las condiciones de los frentes de trabajo libres de goteos. (en caso de que se lleven a cabo estos reportes)
</td>
</tr>
<tr>
<td>P04</td>
<td>Medida: P04 - Construcción y operación del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP).<br><br>Se habilitará y operará un Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP) para el acopio seguro de los residuos generados durante el mantenimiento preventivo y la operación de la maquinaria. Su diseño y construcción se ejecutarán en apego a los lineamientos del Artículo</td>
<td>Dentro del proyecto</td>
<td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Infraestructura del ATRP</td><td>Cumplimiento de los requisitos del Art. 82 del RLGPGIR (techo, piso impermeable,</td><td>Revisión de lista de verificación (checklist) de la infraestructura instalada frente a la normativa.</td><td>Porcentaje de cumplimiento (%) o Cumple/No Cumple</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>82 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR).<br><br>El almacén contará con acceso restringido, techo, piso impermeable sin conexiones a la red de drenaje, y un sistema de contención secundaria (diques, fosas o charolas) con capacidad para retener, al menos, la quinta parte del volumen total almacenado o el volumen del contenedor de mayor tamaño. Todos los residuos serán envasados en recipientes compatibles, herméticos y debidamente etiquetados (rotulados) conforme a su nivel de peligrosidad y normatividad vigente.<br><br>La recolección, transporte y disposición final de los residuos se realizará de forma periódica, delegando estas actividades exclusivamente a empresas prestadoras de servicios debidamente autorizadas por la SEMARNAT y la SICT. Durante la etapa de construcción, la gestión operativa de recolección de los Manifiestos de Entrega, Transporte y Recepción de RP corresponderá al personal de supervisión de obra y el promovente resguardará, archivará y conservará dicha documentación como evidencia de su trazabilidad.<br><br>Objetivo: Garantizar el manejo, contención y almacenamiento seguro de los residuos peligrosos generados durante la obra, previniendo derrames accidentales que provoquen desequilibrios ecológicos o la contaminación del suelo y los recursos hídricos.<br><br>Periodicidad de implementación: Continua y preventiva. Sujeta a la generación de residuos de la obra, y de aplicación obligatoria durante todas las etapas constructivas.<br><br>Plazo de ejecución: 2.5 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).</td>
<td></td>
<td>
<table>
<tr><td></td><td>sin drenaje, acceso restringido).</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Capacidad de contención secundaria</td><td>El sistema de retención (fosas, diques o charolas) cuenta con la volumetría exigida.</td><td>$\frac{\text{Volumen útil del dique}}{\text{Volumen del contenedor mayor (o 20\% del total)}}$</td><td>Proporción (Debe ser ≥ 1.0)</td></tr>
<tr><td>Envasado y etiquetado</td><td>Proporción de envases y contenedores dentro del ATRP que están cerrados, sin fugas y correctamente rotulados.</td><td>$\left(\frac{\text{Contenedores etiquetados y herméticos}}{\text{Total de contenedores en el ATRP}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Disposición y Trazabilidad legal</td><td>Entregas realizadas exclusivamente a empresas con autorizaciones vigentes de SEMARNAT y SICT, respaldadas documentalmente.</td><td>$\left(\frac{\text{Recolecciones con manifiestos validados}}{\text{Total de recolecciones realizadas}} \times 100\right)$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Prevención de contaminación externa</td><td>Derrames de residuos peligrosos (RP) que hayan rebasado la contención del ATRP y alcanzado el suelo natural o mantos freáticos.</td><td>Número de eventos de contaminación fuera del perímetro de contención del almacén.</td><td>Número de incidentes (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Eficacia de la contención interna</td><td>Incidentes de derrames o fugas provenientes de envases rotos que fueron retenidos exitosamente por los diques o charolas.</td><td>Conteo de derrames contenidos dentro del ATRP sin afectación exterior.</td><td>Número de eventos</td></tr>
<tr><td>Control de capacidad instalada</td><td>Casos de sobreacumulación que rebasen la capacidad máxima segura del ATRP, provocando estibas peligrosas o saturación de charolas.</td><td>Número de inspecciones que reporten saturación o almacenamiento por encima de la capacidad de diseño.</td><td>Número de reportes de No Conformidad</td></tr>
<tr><td>Prevención de mezclas incompatibles</td><td>Ausencia de reacciones químicas accidentales, incendios o conatos por almacenamiento de residuos incompatibles.</td><td>Número de incidentes de reactividad térmica, incendios o explosiones en el ATRP.</td><td>Número de incidentes (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>Medios de Verificación (Evidencias)<ul><li>Bitácora de Ingreso y Salida de Residuos: Registro interno (físico o digital) que documente las fechas, el tipo, la cantidad y la fuente de los residuos ingresados y extraídos del almacén.</li><li>Autorizaciones de Proveedores: Copias de los permisos vigentes expedidos por SEMARNAT y SICT a las empresas contratadas para la recolección, transporte y disposición final o reciclaje.</li><li>Manifiestos de Entrega, Transporte y Recepción: Documentos originales o copias selladas y firmadas por los tres actores (generador, transportista y destinatario final), que fungen como la máxima evidencia de cumplimiento legal.</li><li>Evidencia fotográfica: Fotografías periódicas del interior del ATRP demostrando el orden, la limpieza, el estado hermético de los tambores, la presencia de etiquetas de identificación y la integridad del piso y techo.</li></ul></td></tr>
<tr><td>P05</td><td>Medida: P05- Manejo integral de residuos generados en la obra.<br><br>Durante el desarrollo de las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, se implementará una separación de los residuos en la fuente de generación, clasificándolos en Residuos Sólidos Urbanos (RSU), Residuos de Manejo Especial (RME) y Residuos Peligrosos (RP). Cada categoría estará sujeta a protocolos específicos de almacenamiento, recolección y disposición final conforme a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su Reglamento.<br><br>1. Clasificación de los Residuos Generados en Obra<br>La separación desde la fuente de origen es el mayor reto. Los residuos deben clasificarse en tres categorías legales:<ul><li>Residuos Sólidos Urbanos (RSU):<ul><li>Fuentes: Campamentos, oficinas, comedores y áreas de descanso del personal. (Restos de alimentos, papel, cartón, envases de PET y aluminio, envolturas).</li><li>Manejo: Separación en contenedores rotulados (orgánicos e inorgánicos) dispuestas en los frentes de trabajo.</li></ul></li><li>Residuos de Manejo Especial (RME):<ul><li>Fuentes: Actividades de desmonte, despalme, terracerías, tendido de vías, obra civil y electromecánica. (Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) como escombros y concreto, material vegetal (troncos, ramas), chatarra ferrosa, madera de cimbra, plásticos de embalaje y llantas).</li></ul></li></ul></td><td>Dentro del proyecto</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Instalación de "Puntos Limpios"</td><td>Proporción de frentes de trabajo y campamentos que cuentan con contenedores codificados y señalizados.</td><td>$\left(\frac{\text{Frentes con puntos limpios instalados}}{\text{Total de frentes de trabajo activos}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Calidad de la separación en la fuente</td><td>Ausencia de contaminación cruzada (ej. mezclar RSU con RP o RME).</td><td>$\left(\frac{\text{Contenedores sin contaminación cruzada}}{\text{Total de contenedores inspeccionados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Trazabilidad legal de la disposición</td><td>Proporción de salidas de residuos (RSU, RME y RP) amparadas con manifiestos o recibos oficiales.</td><td>$\left(\frac{\text{Viajes de retiro con comprobante válido}}{\text{Total de viajes de retiro realizados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Tiempo de almacenamiento de RP</td><td>Días que los Residuos Peligrosos permanecen confinados en el Almacén Temporal (ATRP).</td><td>Días transcurridos desde el ingreso del residuo al ATRP hasta su recolección.</td><td>Días (Debe ser $\leq 180$)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>
<ul>
<li>Manejo: Sujetos a planes de manejo específicos (NOM-161-SEMARNAT-2011). El material vegetal será triturado para su integración al suelo o uso en acciones de restauración. Los RCD deben dirigirse a sitios de tiro o bancos de desperdicio autorizados.</li>
</ul>
<ul>
<li>Residuos Peligrosos (RP):
<ul>
<li>Fuentes: Mantenimiento de maquinaria pesada, plantas de emergencia, soldadura aluminotérmica y almacenamiento de combustibles. (Aceites gastados, filtros, estopas y trapos impregnados con hidrocarburos, suelo contaminado por derrames accidentales, envases de pinturas y solventes, baterías).</li>
<li>Manejo: Identificación y envasado conforme a la NOM-052-SEMARNAT-2005 y confinados al almacén temporal de residuos peligrosos.</li>
</ul></li>
</ul>
2. Etapas Operativas del Manejo<br><br>
a) Generación y Separación en la Fuente Se deben establecer "Puntos Limpios" a lo largo del trazo del proyecto y en las instalaciones de apoyo (frentes de obra, campamentos). Se deberán colocar tambos de 200 litros y contenedores de distintas capacidades en áreas estratégicas y en todos los frentes de trabajo, privilegiando la separación en orgánicos e inorgánicos. Cada contenedor debe tener un código de colores y señalización clara para evitar la mezcla, especialmente para asegurar que ningún RSU o RME se contamine con hidrocarburos. Se contará con una brigada exclusiva de limpieza y recolección de residuos sólidos que mantendrá limpios los frentes de obra.<br><br>
b) Almacenamiento Temporal
<ul>
<li>Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP): los residuos generados deberán ser confinados al ATR, el almacenamiento no debe exceder los 6 meses.</li>
<li>Áreas de Acopio de RME y RSU: Deben estar delimitadas, protegidas de la</li>
</ul>
</td>
<td></td>
<td>
<table>
<tr><td>Condiciones de acopio temporal (RSU/RME)</td><td>Áreas de acopio delimitadas, techadas y alejadas de cuerpos de agua.</td><td>Verificación visual mediante lista de chequeo de las instalaciones temporales.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Limpieza integral de los frentes de obra</td><td>Presencia de basura dispersa (clandestina) o escombros abandonados fuera de los contenedores.</td><td>Conteo de incidencias o hallazgos de residuos mal dispuestos durante los recorridos de supervisión.</td><td>Número de hallazgos (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Prevención de lixiviados</td><td>Generación de escurrimientos contaminados a partir de los acopios temporales de RSU o RME hacia el suelo o cuerpos de agua.</td><td>Número de sitios de acopio que presenten filtraciones o escurrimientos hacia el entorno natural.</td><td>Número de sitios (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Valorización de material vegetal (RME)</td><td>Proporción del material forestal producto del desmonte que es triturado y reincorporado en lugar de ser desechado.</td><td>$\left(\frac{\text{Volumen de material vegetal triturado/reutilizado}}{\text{Volumen total de material vegetal generado}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Metros cúbicos ($m^3$)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias sugeridas)
<ul>
<li>Bitácoras de Generación: Archivo actualizado (quincenal) que cuantifique el volumen o peso estimado de la generación de RSU, RME y RP en cada frente.</li>
<li>Expediente de Manifiestos y Recibos:
<ul>
<li>Para RP: Manifiestos originales de Entrega-Transporte-Recepción firmados, y autorizaciones vigentes de la empresa recolectora (SEMARNAT/SICT).</li>
<li>Para RME (RCD): Vales o boletas de recepción selladas por el banco de desperdicio o tiro autorizado.</li>
<li>Para RSU: Recibos del servicio de recolección municipal o concesionado.</li>
</ul></li>
</ul>
</td>
</tr>
</table>



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| CLAVE | DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN | UBICACIÓN | PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES |
|---|---|---|---|
| | intemperie (para evitar lixiviados por lluvia) y alejadas de cuerpos de agua o escurrimientos naturales.<br>c) Recolección y Transporte<br>▪ El traslado desde los frentes de obra hasta el almacén central debe realizarse con vehículos de la contratista debidamente acondicionados.<br>▪ El retiro final hacia las plantas de tratamiento o disposición final solo podrá ser ejecutado por empresas prestadoras de servicios autorizadas por la SEMARNAT (para RP) y por las autoridades estatales/municipales (para RME y RSU), contando con los permisos correspondientes de la SICT para el transporte de materiales y residuos peligrosos.<br>▪<br>3. Control, Seguimiento y Registro. Para garantizar la trazabilidad legal y técnica ante inspecciones o reportes de supervisión ambiental, el contratista debe mantener actualizado el siguiente archivo:<br>1. Bitácoras de Generación: Registros diarios/semanales de los volúmenes de RSU, RME y RP generados.<br>2. Manifiestos de Entrega-Recepción-Transporte: Documentos en original que amparen el movimiento de los Residuos Peligrosos, debidamente firmados por el generador, el transportista y el destinatario final.<br>3. Comprobantes de la disposición de RCD y RME en sitios autorizados.<br>**Objetivo:** Prevenir la contaminación de los ecosistemas, cuerpos de agua y el deterioro del paisaje mediante la correcta separación, almacenamiento, transporte y disposición final de los residuos, maximizando su valorización y garantizando el cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.<br>**Plazo de ejecución: Continua y permanente.** De aplicación diaria y obligatoria en todos los frentes de trabajo activo, campamentos e instalaciones de apoyo operativo). | | • **Evidencia fotográfica:**<br>1. Fotografías de los "Puntos Limpios" evidenciando el código de colores, etiquetado y limpieza del entorno.<br>2. Evidencia de las áreas de acopio central de RSU y RME mostrando las protecciones contra la intemperie (techos/lonas).<br>3. Evidencia de la trituración del material vegetal. |

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>Plazo de ejecución: 2.5 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>P06</td><td>Medida: P06 - Suministro y manejo de sanitarios portátiles en frentes de trabajo.<br><br>Para prevenir el fecalismo al aire libre y evitar descargas sanitarias al suelo natural, se proveerán sanitarios portátiles en todos los frentes de trabajo activo, campamentos e instalaciones de apoyo. La cantidad de cabinas se calculará en apego a la NOM-031-STPS-2011 (proporcionando al menos un sanitario por cada 15 trabajadores).<br><br>El suministro, limpieza, desazolve y mantenimiento de estas unidades será ejecutado por una empresa especializada. Para dar cumplimiento a las normativas de protección al ambiente y evitar descargas clandestinas que contravengan los límites de la NOM-001-SEMARNAT-2021, la empresa contratada estará obligada a trasladar y verter los lodos y aguas residuales sanitarias exclusivamente en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) municipales o sitios autorizados. El promovente recabará y resguardará los manifiestos o bitácoras de servicio como evidencia técnica de la correcta disposición final.<br><br>Objetivo: Prevenir la contaminación biológica y fisicoquímica de los ecosistemas y recursos hídricos mediante el control total de las aguas residuales sanitarias generadas por el personal, asegurando condiciones óptimas de higiene y salubridad en la obra.<br><br>Periodicidad de implementación: Continua y permanente. De aplicación diaria y obligatoria en todos los frentes de trabajo activos, campamentos e instalaciones de apoyo operativo.<br><br>Plazo de ejecución: 2.5 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).</td><td>Dentro del proyecto</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Suministro normativo de sanitarios</td><td>Proporción de sanitarios instalados frente al requerimiento legal (1 por cada 15 trabajadores).</td><td>$\left(\frac{\text{Sanitarios instalados en el frente}}{\text{Total de trabajadores}/15}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (El objetivo es ≥ 100%)</td></tr>
<tr><td>Mantenimiento y desazolve</td><td>Cumplimiento de la frecuencia de limpieza y extracción de lodos establecida con el proveedor.</td><td>$\left(\frac{\text{Servicios de limpieza ejecutados}}{\text{Servicios de limpieza programados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Trazabilidad y disposición final</td><td>Proporción de servicios de desazolve que cuentan con manifiesto de descarga en una PTAR autorizada.</td><td>$\left(\frac{\text{Viajes amparados con recibo de PTAR}}{\text{Total de viajes de desazolve realizados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Dotación de insumos</td><td>Cabinas provistas con los insumos básicos (papel higiénico, agua o gel antibacterial, desodorante).</td><td>Verificación visual mediante lista de chequeo durante recorridos de supervisión.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Prevención del fecalismo al aire libre</td><td>Evidencia de heces humanas o papel sanitario usado en áreas con vegetación, taludes o zonas apartadas del polígono de construcción.</td><td>Conteo de hallazgos de fecalismo al aire libre durante los recorridos de supervisión ambiental.</td><td>Número de hallazgos (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Prevención de derrames sanitarios</td><td>Escurrimientos de aguas negras por rebosamiento de cabinas, fugas estructurales o volcaduras accidentales (por viento o maquinaria).</td><td>Número de incidentes donde los residuos sanitarios alcanzaron el suelo natural.</td><td>Número de eventos (El objetivo es 0)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>
<table>
<tr><td>Condiciones de salubridad y operatividad</td><td>Sanitarios clausurados temporalmente, inutilizables o con olores intolerables debido a negligencia en la frecuencia de limpieza.</td><td>Número de cabinas identificadas como inoperantes o insalubres durante las inspecciones.</td><td>Número de cabinas</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)
<ul>
<li>Censo de Sanitarios: Registro semanal o mensual que cruce el número máximo de trabajadores activos por frente de trabajo contra la cantidad de sanitarios físicos instalados, demostrando el cumplimiento de la relación 1:15 de la NOM-031-STPS-2011.</li>
<li>Bitácoras de Servicio en Sitio: bitácoras físicas, debidamente firmadas y fechadas por el operador de la empresa prestadora de servicios tras cada evento de desazolve y limpieza.</li>
<li>Manifiestos o Recibos de Disposición en PTAR: Comprobantes oficiales entregados por la empresa proveedora, sellados por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (municipal o privada), que garanticen que los lodos no fueron vertidos de manera clandestina en cuerpos de agua o terrenos baldíos.</li>
<li>Evidencia fotográfica: Fotografías periódicas de las cabinas sanitarias en campo, asegurando que estén colocadas en superficies estables, ancladas si es necesario (para evitar volcaduras por viento) y en condiciones limpias.</li>
</ul>
</td></tr>
<tr><td>P07</td><td>Medida: P07 – Acciones de capacitación y educación ambiental para el personal.<br><br>Se implementarán acciones de Capacitación y Concientización Ambiental dirigido a todo el personal operativo, administrativo y contratistas del proyecto. Este programa se ejecutará mediante cursos de inducción (previo al ingreso a la obra) y sesiones de reforzamiento continuo, generando evidencia documental de su ejecución a través de bitácoras de asistencia y reportes fotográficos.<br><br>El temario de las sesiones de capacitación abarcará de manera integral las siguientes líneas de acción:<ul><li>Manejo de Residuos: Clasificación, separación y disposición adecuada de los residuos generados en obra (RSU, RME y RP).</li><li>Protección a la Biodiversidad: Reconocimiento de flora y fauna local, prohibición estricta de caza, extracción o maltrato, con énfasis ante avistamientos de especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010.</li><li>Prevención de la Contaminación: Prohibición del fecalismo al aire libre (uso obligatorio de sanitarios portátiles), control de emisiones, y prevención de derrames de hidrocarburos.</li></ul></td><td>Dentro del proyecto</td><td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Cobertura de la plática de inducción</td><td>Proporción de personal de nuevo ingreso que recibió la capacitación ambiental antes de iniciar labores.</td><td>$\left(\frac{\text{Personal de nuevo ingreso capacitado}}{\text{Total de personal de nuevo ingreso en el periodo}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Frecuencia de reforzamiento</td><td>Cumplimiento del calendario de pláticas operativas mensuales en los frentes de trabajo y campamentos.</td><td>$\left(\frac{\text{Pláticas de reforzamiento ejecutadas}}{\text{Pláticas de reforzamiento programadas}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Cobertura del temario normativo</td><td>Inclusión de los 4 ejes temáticos obligatorios (Residuos, Biodiversidad, Contaminación y Reglamento) en los</td><td>Revisión documental de los temarios o presentaciones utilizadas frente a los requisitos de la medida.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>
<ul>
<li>Reglamento Ambiental de Obra: Respeto a los límites de la huella constructiva, prohibición de fogatas, usos de herbicidas y uso adecuado del equipo de respuesta a emergencias, así como evitar la compactación del suelo por el paso de la maquinaria, en sitio no autorizados.</li>
</ul>
Objetivo: Fomentar una cultura de prevención y corresponsabilidad ambiental en el personal de obra para minimizar los riesgos de impacto por factor humano, logrando además que estos conocimientos y buenas prácticas trasciendan hacia las familias y comunidades locales de los trabajadores.
Periodicidad de implementación: Continua y permanente. Se impartirá una plática de inducción ambiental obligatoria a todo trabajador de nuevo ingreso, y se realizarán sesiones de reforzamiento (pláticas operativas) con frecuencia mensual en todos los frentes de trabajo y campamentos.
Plazo de ejecución: 2.5 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).
</td>
<td></td>
<td>
<table>
<tr><td></td><td>materiales didácticos.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Alcance a contratistas</td><td>Proporción de empresas subcontratistas que tienen a su personal integrado al programa de capacitación.</td><td>$\left(\frac{\text{Subcontratistas participantes}}{\text{Total de subcontratistas activos en obra}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Apego al Reglamento Ambiental</td><td>Infracciones cometidas por el personal (fecalismo, fogatas, caza o maltrato de fauna, salir de la huella).</td><td>Número de reportes, amonestaciones o actas administrativas levantadas por faltas al reglamento ambiental.</td><td>Número de incidencias (El objetivo es tener una tendencia a la baja o 0)</td></tr>
<tr><td>Prevención de incidentes por factor humano</td><td>Derrames accidentales, mala separación de residuos o daños a la flora causados directamente por negligencia u omisión de los protocolos.</td><td>Conteo de incidentes ambientales atribuibles a errores operativos prevenibles mediante capacitación.</td><td>Número de eventos</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>
<table>
<tr><td>Asimilación del conocimiento</td><td>Nivel de comprensión del personal sobre los temas impartidos (opcional, aplicable si se realizan sondeos verbales o pruebas rápidas).</td><td>$\left(\frac{\text{Trabajadores con evaluación aprobatoria}}{\text{Total de trabajadores evaluados aleatoriamente}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)
<ul>
<li>Listas de Asistencia (Firmadas): Formatos oficiales que incluyan fecha, tema impartido, nombre del instructor, y el nombre, firma y cargo o empresa de cada trabajador asistente.</li>
<li>Material Didáctico Documentado: Copias de las presentaciones, trípticos, manuales o infografías utilizadas durante las pláticas, evidenciando que se abordan los temas de manejo de residuos, protección a fauna (NOM-059) y prevención de contaminación.</li>
<li>Evidencia fotográfica: Fotografías de las sesiones de capacitación en sitio (tanto en aulas de campamento como en "pláticas de 5 minutos" a pie de obra).</li>
<li>Registro de Incidencias y Amonestaciones: Bitácora de reportes de no conformidad o actas administrativas levantadas a trabajadores que incumplieron el reglamento ambiental, lo que sirve para medir la eficacia y enfocar los temas del siguiente reforzamiento mensual.</li>
</ul>
</td></tr>
<tr><td>P08</td><td>Medida: P08 - Restricción horaria de maquinaria pesada y control de emisiones sonoras en áreas sensibles.<br><br>La operación de maquinaria pesada y equipos que generen las mayores emisiones acústicas (excavadoras, perforadoras, compactadoras, etc.) se restringirá exclusivamente al horario diurno (preferentemente de 08:00 a 18:00 hrs) en los frentes de trabajo. Queda estrictamente prohibida la ejecución de actividades ruidosas en horario nocturno dentro o en la periferia inmediata de estas áreas sensibles.<br><br>Como medida complementaria, y de ser necesario los equipos de combustión interna deberán contar con silenciadores en sus escapes en óptimo estado de funcionamiento, tomando como referencia los límites máximos permisibles de la NOM-081-SEMARNAT-1994 para mitigar la emisión de ruido hacia el exterior.<br><br>En materia de salud ocupacional, se dará estricto cumplimiento a la NOM-011-STPS-2001. Se proveerá equipo de protección auditiva al personal</td><td>Dentro de la huella constructiva del proyecto</td><td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Respeto al horario restringido</td><td>Proporción de horas de operación de maquinaria pesada ejecutadas dentro del horario diurno (08:00 a 18:00 hrs) en colindancia con áreas sensibles.</td><td>$\left(\frac{\text{Horas de operación diurna}}{\text{Total de horas operadas en el área sensible}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (El objetivo es 100%)</td></tr>
<tr><td>Control mecánico de ruido</td><td>Proporción de maquinaria y equipos de combustión interna con silenciadores de escape instalados y funcionales.</td><td>$\left(\frac{\text{Equipos con silenciador en buen estado}}{\text{Total de equipos operando}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>expuesto y se controlarán los turnos de trabajo para no rebasar el Nivel de Exposición a Ruido (NER) máximo permitido de 90 dB(A) para una jornada de 8 horas.<br><br>Objetivo: Prevenir el desplazamiento temporal o estrés en las poblaciones de fauna silvestre dentro de los parches de hábitat aledaños al proyecto, así como mitigar las molestias por contaminación acústica en las zonas urbanas o conurbadas adyacentes al trazo del proyecto.<br><br>Periodicidad de implementación: Continua y diaria. Su cumplimiento será de carácter obligatorio para todos los operadores de maquinaria, choferes y contratistas durante la ejecución de obras cercanas a áreas sensibles.<br><br>Plazo de ejecución: 2.5 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).</td>
<td></td>
<td>
<table>
<tr><td>Protección auditiva (NOM-011)</td><td>Trabajadores expuestos a niveles sonoros continuos que utilizan su Equipo de Protección Personal (EPP) auditivo.</td><td>$\left(\frac{\text{Trabajadores con tapones/orejeras}}{\text{Total de personal en zona de alto ruido}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Control del Nivel de Exposición a Ruido (NER)</td><td>Implementación de rotación o descansos para asegurar que ningún trabajador exceda los 90 dB(A) por una jornada de 8 horas.</td><td>Revisión del programa de turnos y descansos para personal de operación pesada.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Cumplimiento de ruido perimetral (NOM-081)</td><td>Emisiones acústicas hacia el exterior dentro de los límites máximos permisibles aplicables a la zona (residencial, industrial o conservación).</td><td>Comparación de los resultados de las sonometrías perimetrales contra los límites de la norma (ej. 68 dB(A) de 6 a 22 hrs).</td><td>Decibeles (dB(A))</td></tr>
<tr><td>Control de molestias sociales</td><td>Quejas ciudadanas o vecinales recibidas por ruido excesivo, vibraciones o labores nocturnas en áreas colindantes al proyecto.</td><td>Conteo de quejas formales o reportes en la bitácora de atención social.</td><td>Número de quejas (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Prevención de estrés en fauna silvestre</td><td>Alteraciones anómalas, desplazamiento de fauna en parches de hábitat colindantes atribuibles al ruido nocturno de la obra.</td><td>Conteo de incidentes reportados por los biólogos o brigadas de supervisión ambiental.</td><td>Número de incidentes (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)
<ul>
<li>Bitácoras de Operación de Maquinaria: Registros que comprueben la hora de inicio y término de los trabajos pesados, demostrando la inactividad total de los equipos ruidosos después de las 18:00 hrs en frentes sensibles.</li>
<li>Listas de Verificación (Checklists) de Maquinaria: Formatos de inspección pre-operativa donde se valide visualmente el buen estado de los silenciadores de los escapes.</li>
</ul>
</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>
<ul>
<li>Estudios de Ruido Perimetral (NOM-081-SEMARNAT-1994): Reportes emitidos por laboratorios de prueba acreditados que midan el ruido generado por la obra hacia sus colindancias, garantizando que no se rebasen los decibeles permitidos.</li>
<li>Evidencia fotográfica. De la entrega y uso del equipo de protección personal (EPP) auditivo entregado, acompañado de los recibos firmados por los trabajadores donde conste la entrega de tapones u orejeras.</li>
</ul>
</td></tr>
<tr><td>P09</td><td>Medida: P09 - Monitoreo de calidad del agua en pozo o norias cercanas al proyecto<br><br>Se implementará el monitoreo de la calidad del agua en pozos, norias y otros aprovechamientos subterráneos aledaños al proyecto. El propósito es establecer la calidad del agua base (o de fondo), definiendo sus condiciones naturales previo a cualquier influencia del proyecto.<br><br>Los procedimientos de toma de muestra, preservación, envasado y transporte se ejecutarán en estricto apego a las Normas Mexicanas aplicables, garantizando la integridad de la cadena de custodia desde el sitio de extracción hasta su ingreso al laboratorio.<br><br>Durante el muestreo in situ, se emplearán sondas multiparamétricas calibradas para registrar la temperatura, el potencial de hidrógeno (pH), la conductividad eléctrica (CE) y el oxígeno disuelto (OD). Adicionalmente, se realizará el aforo correspondiente (cálculo del caudal) para contextualizar la capacidad de dilución y dinámica del cuerpo hídrico.<br><br>Las determinaciones analíticas serán procesadas exclusivamente por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). La batería de parámetros críticos a evaluar incluirá: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), grasas y aceites, nutrientes (nitrógeno y fósforo total), coliformes fecales (Escherichia coli) y metales pesados (plomo, cadmio y zinc, asociados a la operación de maquinaria y desgaste de vías).<br><br>Los resultados obtenidos se someterán a un contraste estadístico entre los puntos de control (comparando las mediciones previas al inicio de las obras con las posteriores a su terminación). Asimismo, se evaluarán frente a los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89) y</td><td>En pozos, norias y otros aprovechamientos subterráneos aledaños al proyecto</td><td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Ejecución de las campañas de monitoreo</td><td>Realización de la campaña previa (1 mes antes) y de cierre (1 mes después) en los cruces hidrológicos.</td><td>$\left(\frac{\text{Campañas ejecutadas}}{\text{Campañas programadas por cruce}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (El objetivo es 100%)</td></tr>
<tr><td>Identificación de pozos y norias</td><td>Establecimiento de las estaciones de control (pozo o norias)</td><td>Revisión del diseño de muestreo en los reportes técnicos.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
<tr><td>Validez analítica (Acreditación EMA)</td><td>Análisis de laboratorio ejecutados exclusivamente por un laboratorio con acreditación vigente ante la Entidad Mexicana de Acreditación.</td><td>Verificación del sello/código EMA en los Informes de Resultados de Laboratorio.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
<tr><td>Cobertura de parámetros exigidos</td><td>Proporción de los parámetros in situ y analíticos solicitados que fueron efectivamente medidos y reportados.</td><td>$\left(\frac{\text{Parámetros medidos}}{\text{Total de parámetros exigidos en la medida}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Conservación de la calidad hídrica</td><td>Variación de la concentración de contaminantes</td><td>$\text{Concentración}_{Linea\ base} - \text{Concentración}_{muestreos\ subsecuentes}$</td><td>$mg/L$ o $NMP/100mL$ (El objetivo es una diferencia estadística nula o no significativa)</td></tr>
<tr><td>Prevención de aporte de sedimentos (SST)</td><td>Incremento anómalo de Sólidos Suspendidos Totales aguas abajo, indicativo de erosión o arrastre de tierras del frente de obra.</td><td>Concentración de SST aguas abajo comparada con el muestreo base y el Límite Máximo Permisible.</td><td>$mg/L$</td></tr>
<tr><td>Prevención de contaminación</td><td>Presencia o incremento de Grasas y Aceites,</td><td>Concentración detectada de hidrocarburos/metales frente al</td><td>$mg/L$ (El objetivo es ≤ Límite de</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>los Límites Máximos Permisibles de las Normas Oficiales Mexicanas vigentes<br><br>Objetivo: Prevenir, detectar y cuantificar cualquier alteración en la calidad del agua derivada de la construcción del proyecto, asegurando que estas actividades no deterioren el entorno hídrico ni infrinjan la normativa ambiental.<br><br>Periodicidad de implementación: Programada y puntual. Se ejecutará una campaña de muestreo previa al inicio de las obras en cada punto de control hídrico para establecer la línea base ambiental, seguida de campañas semestrales de monitoreo hasta la conclusión de las actividades constructivas.<br><br>Plazo de ejecución: Un mes antes de iniciar las obras de preparación del sitio y, posteriormente, a los 2.5 meses una vez finalizada la etapa constructiva.</td><td></td><td>
<table>
<tr><td>por hidrocarburos y metales</td><td>Plomo, Cadmio o Zinc, derivado de la maquinaria o desgaste de vías.</td><td>límite de cuantificación del método.</td><td>Detección o Línea Base)</td></tr>
<tr><td>Cumplimiento normativo ambiental</td><td>Parámetros que rebasen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89) o normatividad aplicable.</td><td>Número de parámetros críticos fuera de los límites máximos permisibles de la norma.</td><td>Número de parámetros (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)<br>
• Reporte Técnico de Monitoreo: Documento interpretativo elaborado por un especialista, que incluya la ubicación exacta (coordenadas cartográficas) de las estaciones, el aforo de la corriente, y el análisis estadístico/comparativo de los resultados frente a los CE-CCA-001/89.<br>
• Informes de Resultados de Laboratorio (Originales): Documentos emitidos por el laboratorio, firmados por el signatario autorizado, que incluyan el número de acreditación EMA vigente para cada parámetro evaluado.<br>
• Formatos de Cadena de Custodia (CC): Documentos firmados que evidencien la trazabilidad ininterrumpida de las muestras desde el momento de su extracción, la preservación térmica (a 4°C) y la fecha/hora de recepción en el laboratorio.<br>
• Certificado de Acreditación EMA: Copia del anexo técnico del laboratorio que demuestre que tiene aprobados los métodos analíticos específicos para agua superficial.<br>
• Evidencia fotográfica:<br>
1. Toma de muestras en campo.<br>
2. Uso de sondas multiparamétricas calibradas para mediciones in situ (pH, T, CE, OD).<br>
3. Acondicionamiento de las muestras en las hieleras para mantener la cadena de frío
</td></tr>
<tr><td>M01</td><td>Medida: M01 - Retiro de material excedente y reconformación topográfica.<br><br>Desmantelar los sitios de acopio temporal y retirar la totalidad del material térreo y pétreo excedente hacia bancos de tiro o sitios de disposición final autorizados. Posteriormente, realizar trabajos de escarificado, perfilado y nivelación en las áreas liberadas para integrarlas a la topografía natural del entorno. Esto prevendrá alteraciones permanentes en el relieve y en los patrones de escurrimiento superficial, mitigando a su vez el riesgo de asentamientos diferenciales e inestabilidad de taludes.<br><br>Objetivo: Restituir, en la medida de lo técnicamente factible, la configuración morfológica y el relieve natural del terreno en todas las áreas de ocupación temporal (sitios de acopio, campamentos y caminos de acceso provisionales), garantizando su integración paisajística y estabilidad geomorfológica.</td><td>Dentro del proyecto</td><td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Retiro de material excedente</td><td>Proporción de material retirado y dispuesto adecuadamente.</td><td>$\left(\frac{\text{Volumen de material enviado a tiro}}{\text{Volumen de material excedente total}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Metros cúbicos ($m^3$)</td></tr>
<tr><td>Legalidad de la disposición</td><td>Manifiestos o vales de tiro en sitios autorizados.</td><td>Conteo de manifiestos/recibos validados por el sitio de disposición final autorizado.</td><td>Documentos / Vales</td></tr>
<tr><td>Avance de reconformación topográfica</td><td>Superficie temporal liberada y reconformada.</td><td>$\left(\frac{\text{Área escarificada y nivelada}}{\text{Área de ocupación temporal total}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Hectáreas (ha) o Metros cuadrados ($m^2$)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>Periodicidad de implementación: Continua y progresiva. Se realizará conforme se vayan concluyendo los trabajos de terracerías y obra civil en cada frente de trabajo (por cadenamientos) o al desmantelar cada sitio de acopio temporal.<br><br>Plazo de ejecución: Durante los 3 días naturales posteriores a la conclusión de actividades constructivas en cada frente de trabajo o área de ocupación temporal específica.</td><td></td><td>Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Estabilidad geomorfológica</td><td>Incidencias de inestabilidad (deslaves, hundimientos o asentamientos diferenciales).</td><td>Número de eventos de inestabilidad detectados durante los recorridos de supervisión en áreas reconformadas.</td><td>Número de eventos (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Restitución del patrón de escurrimiento</td><td>Presencia de erosión hídrica o encharcamientos no naturales.</td><td>Número de sitios con cárcavas, arrastre de sedimentos o estancamiento de agua.</td><td>Número de sitios (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)<br><br>Evidencia fotográfica<br>• Fotografías de cada frente de trabajo, incluyendo coordenadas GPS y fecha.<br><br>Registro de Manifiestos: Carpeta física o digital con los comprobantes de volumen ($m^3$) recibidos por el banco de tiro o sitio de disposición final autorizado.</td></tr>
<tr><td>M02</td><td>Medida: M02 - Rescate, acamellonamiento y resguardo temporal de suelo vegetal.<br><br>Consiste en la recuperación del horizonte edáfico superficial (suelo vegetal) proveniente del despalme para su resguardo temporal mediante acamellonamiento. El material se dispondrá en áreas estratégicas que cuenten con un adecuado drenaje superficial para evitar encharcamientos y pérdida por escorrentía. Para enriquecer el sustrato y favorecer la retención de humedad, los camellones se mezclarán con residuos forestales triturados producto del desmonte. Finalmente, se instalará una cobertura (malla geotextil, malla sombra o geomanta) para proteger el material contra la erosión eólica e hídrica (en caso de presentar indicios de erosión), garantizando así la viabilidad del banco de semillas y propágulos naturales hasta su posterior reutilización en el arrope y estabilización de taludes.<br><br>Objetivo: Preservar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo vegetal, así como su banco de semillas, para garantizar su efectividad como sustrato en la revegetación natural, arrope de taludes y restauración de áreas temporalmente afectadas por el proyecto.<br><br>Periodicidad de implementación: Continua y progresiva; ejecutada simultáneamente con los frentes de despalme y sujeta a mantenimiento</td><td>Dentro de la hulla constructiva del proyecto.</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Rescate de suelo vegetal</td><td>Proporción de suelo vegetal efectivamente rescatado y acamellonado.</td><td>$\left(\frac{\text{Volumen de suelo acamellonado}}{\text{Volumen de suelo vegetal despalmado}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Metros cúbicos ($m^3$)</td></tr>
<tr><td>Enriquecimiento del sustrato</td><td>Proporción de suelo mezclado con triturado forestal.</td><td>$\left(\frac{\text{Volumen de camellones con triturado}}{\text{Volumen total de camellones}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Metros cúbicos ($m^3$)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Prevención de pérdida de suelo</td><td>Ausencia de erosión eólica o hídrica (cárcavas, deslaves o arrastre de sedimentos en el camellón).</td><td>Conteo de incidencias de erosión detectadas en los camellones durante inspecciones rutinarias o post-tormenta.</td><td>Número de eventos (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Adecuado drenaje superficial</td><td>Ausencia de encharcamientos o estancamiento en la base de los sitios de acopio.</td><td>Conteo de sitios de acopio que presenten problemas de anegamiento o mal drenaje.</td><td>Número de sitios (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Evidencia fotográfica.<br>• Registro visual que demuestre el proceso de trituración y mezclado de los residuos forestales.</td></tr>
</table>



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>periódico hasta su reincorporación final en las áreas de restauración.<br><br>Plazo de ejecución: 2.5 meses. (Nota: El mantenimiento de los camellones debe ser constante durante este periodo para evitar perdida de suelo).</td><td></td><td>• La conformación de los camellones</td></tr>
<tr><td>M03</td><td>Medida: M03 - Protocolo de actuación y respuesta inmediata ante derrames accidentales.<br><br>Todos los frentes de trabajo activo y la maquinaria pesada deberán contar permanentemente con un kit de respuesta a emergencias ambientales (kit antiderrame), equipado con barreras y tapetes absorbentes de materiales inertes o biodegradables (cordones, toallas, musgo de turba o peat sorb), equipo de protección personal y contenedores vacíos.<br><br>Ante la detección de goteos menores o derrames accidentales de hidrocarburos derivados de fallas mecánicas, se actuará de manera inmediata como medida preventiva y correctiva, evitando que el volumen del derrame alcance los umbrales de reporte obligatorio estipulados en los Artículos 129 y 130 del Reglamento de la LGPGIR.<br><br>Para la atención del incidente, se ejecutará la siguiente secuencia de contención y limpieza:<br><br>1. Identificación y control de la fuente: Acción inmediata. Detener el equipo o maquinaria y suprimir el origen de la fuga (cerrar válvulas, taponar fisuras o colocar charolas de contención primaria) para detener el flujo de la sustancia.<br>2. Delimitación y aislamiento del área: Aislar el perímetro afectado para evitar que el tránsito del personal, maquinaria o vehículos extienda la contaminación a otras zonas de la obra.<br>3. Contención y absorción: Si el derrame presenta líquido libre sobre el sustrato, aplicar inmediatamente el material absorbente del kit sobre la mancha para capturar la mayor cantidad de producto antes de que se infiltre en el suelo.<br>4. Remoción del suelo contaminado: Con el uso de herramientas manuales (palas), retirar la capa de suelo visiblemente</td><td>Dentro del proyecto en sitios donde se ubiquen derrames</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Disponibilidad de kits antiderrame</td><td>Proporción de frentes de trabajo y maquinaria pesada equipados con el kit completo y vigente.</td><td>(Equipos con kit completo / Total de equipos inspeccionados) × 100</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Aplicación del protocolo de respuesta</td><td>Incidentes atendidos siguiendo estrictamente la secuencia de 6 pasos (desde el control de la fuente hasta el traslado al ATRP).</td><td>(Derrames atendidos con protocolo / Total de derrames registrados) × 100</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Envasado y etiquetado correcto</td><td>Proporción de recipientes con suelo contaminado que fueron debidamente sellados y rotulados antes de su traslado.</td><td>(Recipientes etiquetados correctamente / Total de recipientes generados por derrames) × 100</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Trazabilidad del residuo al ATRP</td><td>Congruencia entre los eventos de derrame reportados en campo y los ingresos de suelo contaminado al almacén temporal.</td><td>Verificación de ingresos en la bitácora del ATRP correspondientes a los reportes de campo.</td><td>Eventos / Registros</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Limpieza y remoción total (Suelo)</td><td>Ausencia de hidrocarburos residuales en el sitio tras aplicar el margen de seguridad de remoción (5 a 10 cm adicionales).</td><td>Número de sitios inspeccionados que presentan manchas o remanentes tras darse por concluida la limpieza.</td><td>Número de sitios (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Protección hídrica</td><td>Derrames accidentales que, por falta de contención inmediata, alcanzaron escurrimientos, cuerpos de agua o drenajes.</td><td>Conteo de eventos de contaminación hídrica.</td><td>Número de eventos (El objetivo es 0)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>manchada junto con el material absorbente utilizado. Se deberá extraer un margen de seguridad adicional de 5 a 10 cm de suelo con apariencia limpia, tanto en profundidad como en el perímetro, para garantizar la remoción total de la fracción infiltrada.<br>5. Envasado y etiquetado: Colocar el suelo extraído y los materiales impregnados en tambos metálicos, recipientes de polietileno de alta densidad o bolsas plásticas de alta resistencia al desgarre. El recipiente se sellará y etiquetará inmediatamente especificando el nombre del residuo peligroso (ej. Suelo impregnado con hidrocarburo).<br>6. Traslado al ATRP: Trasladar los contenedores al Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (ATRP) del proyecto para su resguardo seguro, hasta su posterior recolección y disposición final por parte de una empresa autorizada.<br><br>Objetivo: llevar acabo un buen manejo de residuos para evitar la contaminación del agua, suelo y aire.<br><br>Periodicidad de implementación: Continua y preventiva. Sujeta a la generación de residuos de la obra, y de aplicación obligatoria durante todas las etapas constructivas.<br><br>Plazo de ejecución: 2.5 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).</td>
<td></td>
<td>
<table>
<tr><td>Prevención de umbrales críticos</td><td>Derrames que por su magnitud o falta de control rebasaron los umbrales de reporte obligatorio (Art. 129 y 130 del RLGPGIR).</td><td>Número de eventos que excedieron el umbral normativo (ej. más de 1 metro cúbico de hidrocarburo).</td><td>Número de incidentes (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Oportunidad de respuesta</td><td>Tiempo transcurrido entre la detección visual del goteo/derrame y la contención inicial (paso 1 y 2).</td><td>Medición del tiempo de reacción documentado en los reportes de incidente.</td><td>Minutos (Debe ser atención inmediata)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)<br>
• Listas de Verificación (Checklists) de Maquinaria y Frentes: Formatos de inspección diaria o semanal que validen la presencia, accesibilidad y contenido de los kits antiderrame (barreras, musgo/peat sorb, bolsas, EPP).<br>
• Reportes de Incidentes Ambientales: Un formato específico llenado tras cada evento (por menor que sea) que documente: la hora de detección, la causa de la fuga, el volumen estimado, y la confirmación de la ejecución de los 6 pasos del protocolo.<br>
• Bitácora Fotográfica Georreferenciada del Incidente: Secuencia fotográfica obligatoria que muestre:<br>
1. El derrame original y la colocación del absorbente.<br>
2. La excavación manual del suelo manchado (evidenciando el margen de 5 a 10 cm).<br>
3. El sitio final limpio, sin rastro visual del hidrocarburo.<br>
4. Los tambos o bolsas etiquetadas con el residuo.<br>
• Bitácora de Ingreso al ATRP: Registro firmado por el responsable del Almacén Temporal de Residuos Peligrosos que valide la recepción de los contenedores con suelo impregnado descritos en los reportes de campo.
</td>
</tr>
<tr>
<td>M04</td>
<td>Medida: M04- Humectación para el control de emisiones a la atmósfera en las áreas de trabajo y caminos de acceso a los frentes de trabajo.<br><br>Para mitigar la resuspensión y dispersión de material particulado (polvos) generada por el desmonte, las terracerías y el tránsito de maquinaria pesada, se implementará el riego periódico (humectación) en los frentes de trabajo activo, áreas con suelo desnudo y caminos de acceso.<br><br>El abastecimiento hídrico para esta actividad provendrá de fuentes que acrediten su legal procedencia (títulos de concesión vigentes emitidos por la CONAGUA). Se priorizará el aprovechamiento de agua residual tratada, la cual</td>
<td>Dentro del proyecto, en los frentes de trabajo y áreas de suelo desnudo y caminos de acceso no pavimentados.</td>
<td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Programa de humectación</td><td>Proporción de circuitos de riego ejecutados respecto a los programados (ajustados por clima/estiaje).</td><td>$\left(\frac{\text{Viajes de riego ejecutados}}{\text{Viajes de riego programados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Procedencia legal del agua</td><td>Volumen de agua utilizado que cuenta con respaldo de concesión de CONAGUA o</td><td>$\left(\frac{\text{Volumen de agua comprobado legalmente}}{\text{Volumen total de agua utilizado}} \times 100\right)$</td><td>Porcentaje (%) y Metros cúbicos ($m^3$)</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>deberá cumplir con los parámetros de la NOM-003-SEMARNAT-1997 (reúso en servicios al público con contacto directo o indirecto), garantizando así la protección a la salud de los trabajadores y la prevención de impactos al suelo.<br><br>El transporte y aplicación del agua se realizará mediante autotanques (camiones pipa) provistos de flautas esparcidoras o aspersores, asegurando una distribución uniforme que humedezca el terreno sin generar encharcamientos excesivos ni escurrimientos (lodo) que dificulten la operatividad.<br><br>Objetivo: Minimizar la alteración de la calidad del aire local, controlando la emisión de Partículas Suspendidas Totales (PST) provenientes de la erosión eólica sobre el suelo desnudo y el tránsito vehicular.<br><br>Periodicidad de implementación: Continua y diaria. La frecuencia de los riegos se ajustará progresivamente conforme al avance de la obra, el volumen de tránsito y las condiciones meteorológicas (intensificando la frecuencia durante la temporada de estiaje o en días con vientos fuertes).<br><br>Plazo de ejecución: 2.5 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).</td>
<td></td>
<td>
<table>
<tr><td></td><td>recibos de PTAR autorizada.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Calidad del agua tratada (Si aplica)</td><td>Cumplimiento de los parámetros de la NOM-003-SEMARNAT-1997 para proteger la salud de los trabajadores.</td><td>Comparación de los resultados de laboratorio del proveedor de agua contra los Límites Máximos Permisibles de la NOM.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Supresión de Partículas Suspendidas (PST)</td><td>Generación de tolvaneras o nubes de polvo por el tránsito de maquinaria en caminos o frentes de obra.</td><td>Conteo de incidencias o reportes de supervisión por alta emisión de polvo en áreas que debieron ser humectadas.</td><td>Número de incidencias (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Prevención de lodos y encharcamientos</td><td>Sobresaturación del suelo a causa de riegos excesivos o mal aplicados, generando escurrimientos o lodo severo.</td><td>Número de áreas reportadas con encharcamientos que dificulten el tránsito o generen arrastre de sedimentos.</td><td>Número de sitios (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Adaptabilidad climática</td><td>Ajuste oportuno en la frecuencia de riegos ante alertas de vientos fuertes o temporadas de estiaje prolongado.</td><td>$\left(\frac{\text{Días con ajuste preventivo de riego}}{\text{Días con condiciones meteorológicas adversas}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)
<ul>
<li>Bitácoras de Riego: Registros por los operadores de las pipas indicando fecha, hora, número de viajes realizados, volumen esparcido ($m^3$) y el cadenamiento o tramo atendido.</li>
<li>Comprobantes de Procedencia del Agua:
<ul>
<li>Si es agua de pozo/río: Copia del Título de Concesión de CONAGUA vigente y medidores de extracción.</li>
<li>Si es agua residual tratada: Vales, facturas o recibos emitidos por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) proveedora.</li>
</ul></li>
<li>Análisis de Calidad del Agua (NOM-003): En caso de usar agua residual tratada, copia de los análisis de laboratorio recientes de la PTAR para garantizar que el agua está libre de patógenos (coliformes, helmintos) y es segura para el contacto indirecto del personal.</li>
</ul>
</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>
<ul>
<li>Evidencia fotográfica:
<ol>
<li>Fotografías de las pipas operando y mostrando el correcto funcionamiento de las flautas o aspersores.</li>
<li>Evidencia visual de los caminos humedecidos (mostrando el cambio de color del suelo, sin presencia de lodo excesivo).</li>
<li>Fotografías durante el tránsito de maquinaria pesada demostrando la ausencia de nubes de polvo.</li>
</ol></li>
<li>Reportes Meteorológicos: Capturas o bitácoras del estado del clima local que justifiquen la suspensión de riegos (días de lluvia) o su intensificación (días de viento/estiaje).</li>
</ul>
</td></tr>
<tr><td>M05</td><td>Medida: M05 - Uso de lonas de tolvas y control de velocidad en el transporte de materiales.<br><br>Todos los vehículos de carga (camiones de volteo y góndolas) empleados para el transporte de material producto de cortes, excavaciones, agregados pétreos o escombros, deberán cubrir su caja de carga con una lona resistente. Esta cubierta deberá estar firmemente sujeta en sus extremos para evitar el derrame del material o la dispersión aerodinámica de polvos durante su trayecto por el área del proyecto, caminos de acceso y vías públicas.<br><br>Como medida complementaria, previo a su carga, el material particulado podrá ser humectado para reducir su volatilidad. Asimismo, se establecerá y señalizará un límite de velocidad máximo de 30 km/h para todo vehículo y maquinaria que transite dentro del polígono del proyecto y en los caminos de terracería asociados, con el fin de reducir la resuspensión mecánica de polvo producida por la fricción de los neumáticos.<br><br>Objetivo: Minimizar la alteración de la calidad del aire local, controlando la emisión y dispersión de Partículas Suspendidas Totales (PST) generadas por el arrastre del viento sobre las cajas de los camiones y el tránsito vehicular.<br><br>Periodicidad de implementación: Continua y diaria. Su cumplimiento será de carácter obligatorio para todos los choferes y contratistas durante cada viaje de transporte de material y acarreo.<br><br>Plazo de ejecución: 2.5 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).</td><td>Dentro del proyecto, en caminos de acceso y en los frentes de trabajo.</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Uso de lonas protectoras</td><td>Proporción de camiones de volteo y góndolas que transitan con la caja cubierta y la lona firmemente sujeta.</td><td>$\left(\frac{\text{Camiones inspeccionados con lona}}{\text{Total de camiones en tránsito revisados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Respeto al límite de velocidad</td><td>Proporción de vehículos y maquinaria que transitan a 30 km/h o menos en caminos de terracería y frentes de obra.</td><td>$\left(\frac{\text{Vehículos respetando el límite}}{\text{Total de vehículos monitoreados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Señalización de velocidad</td><td>Instalación y mantenimiento de letreros visibles indicando el límite máximo de 30 km/h en los accesos y polígonos de obra.</td><td>Verificación visual mediante lista de chequeo de la infraestructura vial interna.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
<tr><td>Humectación previa de la carga</td><td>Aplicación de riego sobre el material particulado depositado en la tolva antes de iniciar el viaje.</td><td>$\left(\frac{\text{Cargas humectadas previo al viaje}}{\text{Total de cargas susceptibles de volatilidad}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Control de dispersión aerodinámica</td><td>Generación de estelas o nubes de polvo (PST) emitidas directamente desde la caja de los camiones en movimiento.</td><td>Número de incidencias reportadas por dispersión de polvo en tránsito.</td><td>Número de eventos (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Prevención de derrames en ruta</td><td>Presencia de tierra, escombros o material pétreo accidentado/derramado sobre la carpeta asfáltica en vías públicas o caminos de acceso.</td><td>Conteo de hallazgos de material tirado en las rutas de acarreo.</td><td>Número de hallazgos (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Supresión de resuspensión mecánica</td><td>Levantamiento de tolvaneras a nivel de neumáticos provocado por vehículos transitando a exceso de velocidad.</td><td>Número de reportes u observaciones por resuspensión severa.</td><td>Número de incidencias (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)
<ul>
<li>Bitácoras de Control: Registros o checklists llenados por el personal de vigilancia o bandereros en las salidas de la obra, validando (con palomeo) que cada camión abandona el sitio con la lona extendida y amarrada.</li>
<li>Reportes de excesos de límite de velocidad: Bitácora de sanciones, multas internas o actas administrativas aplicadas a choferes que fueron sorprendidos excediendo los 30 km/h o circulando sin la lona protectora.</li>
<li>Evidencia fotográfica:
<ol>
<li>Fotografías de los camiones de volteo y góndolas operando correctamente con sus cajas enlonadas.</li>
<li>Evidencia de la humectación de la caja previo a la salida del frente de trabajo.</li>
<li>Imágenes de la señalética vial de 30 km/h instalada en los caminos de acceso.</li>
</ol></li>
</ul>
</td></tr>
<tr><td>M06</td><td>Medida: M06 – Acciones de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre.<br><br>Previo al inicio de las actividades de desmonte y despalme en las etapas de preparación del sitio y construcción, se implementará acciones integrales de manejo de fauna silvestre, prestando especial atención a las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Estas actividades serán dirigidas por biólogos o especialistas en manejo de fauna.<br><br>Se prohibirán las actividades de caza, colecta, tráfico de especies y/o cualquier otra actividad que perjudique de manera directa a las especies de fauna silvestre de la zona. Así como todo acto de crueldad en contra de la fauna silvestre, en los términos de la Ley General de Vida Silvestre. Lo anterior aplica a todo el personal encargado del</td><td>Dentro de la huella constructiva del proyecto</td><td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Prospección y ahuyentamiento preventivo</td><td>Proporción de frentes de desmonte/despalme que contaron con liberación biológica previa al ingreso de maquinaria.</td><td>$\left(\frac{\text{Frentes liberados por especialistas}}{\text{Total de frentes de desmonte iniciados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (El objetivo es 100%)</td></tr>
<tr><td>Rescate y reubicación técnica</td><td>Proporción de individuos capturados que fueron trasladados y liberados en los sitios de hábitat</td><td>$\left(\frac{\text{Individuos liberados en sitios designados}}{\text{Total de individuos capturados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

| CLAVE | DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN | UBICACIÓN | PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES |
|---|---|---|---|

desarrollo de las actividades. La empresa contratista se encargará de supervisar esto.

Las acciones se ejecutarán bajo la siguiente secuencia operativa:

1. Prospección biológica: Realización de recorridos de reconocimiento en el polígono de afectación para identificar rastros, madrigueras, nidos, refugios (ej. perchas de murciélagos) y corredores biológicos activos, marcando los sitios sensibles.

2. Ahuyentamiento de fauna: Aplicación de técnicas de ahuyentamiento auditivo y visual (uso de silbatos, megáfonos o ruidos de percusión). El ahuyentamiento se realizará de forma direccional, empujando a la fauna con capacidad de vuelo o desplazamiento rápido hacia áreas de conservación contiguas y alejándolas de zonas de riesgo (carreteras o frentes de maquinaria).

3. Rescate de individuos: Posterior al ahuyentamiento, se procederá a la captura física de organismos de lento desplazamiento (crías, reptiles, anfibios, pequeños mamíferos) o aquellos que hayan regresado al área. Se emplearán métodos no letales: trampas tipo Sherman y Tomahawk para mastofauna, y captura manual con equipo herpetológico especializado (pinzas y ganchos herpetológicos) para anfibios y reptiles.

4. Protección de nidos y madrigueras activas: Medida de exclusión temporal, en caso de detectar nidos con huevos, polluelos o madrigueras con crías lactantes, el área será delimitada con cinta barricada o malla (buffer de protección) suspendiendo las actividades de desmonte en ese micro-polígono temporalmente. Se dará seguimiento biológico hasta que los organismos adquieran capacidad de vuelo o desplazamiento autónomo y abandonen el sitio naturalmente.

| | | | |
|---|---|---|---|
| | seguro previamente caracterizados. | | |
| Protección de nidos y madrigueras (Buffers) | Implementación de polígonos de exclusión temporal en sitios de anidación o cría activa detectados durante la prospección. | $\left(\frac{\text{Sitios protegidos con buffer}}{\text{Total de nidos/madrigueras activas detectadas}}\right) \times 100$ | Porcentaje (%) |
| Prohibición de caza y maltrato | Ausencia de prácticas ilegales (caza, colecta, tráfico o posesión de fauna o trampas clandestinas) por parte del personal de obra. | Conteo de hallazgos de fauna cautiva, armas, resorteras o trampas no autorizadas en campamentos y frentes. | Número de hallazgos (El objetivo es 0) |

**Parámetros de Verificación de Eficacia**

| Parámetro a Evaluar | Indicador | Fórmula / Método de Cálculo | Unidad de Medida |
|---|---|---|---|
| Supervivencia en el manejo y traslado | Tasa de ejemplares que sobrevivieron al proceso de captura, confinamiento temporal y liberación (indicador del nivel de estrés o daño por manejo). | $\left(\frac{\text{Individuos liberados sanos y vivos}}{\text{Total de individuos capturados}}\right) \times 100$ | Porcentaje (El objetivo es ≥ 95%) |
| Prevención de mortalidad en obra | Individuos de fauna silvestre (especialmente lentos como reptiles y anfibios) muertos por atropellamiento o maquinaria pesada. | Conteo de cadáveres encontrados en el polígono de obra atribuibles a las actividades constructivas. | Número de individuos (El objetivo es 0) |
| Éxito de la exclusión temporal | Nidos o madrigueras aislados temporalmente que lograron el desarrollo y | $\left(\frac{\text{Buffers con abandono natural exitoso}}{\text{Total de buffers temporales establecidos}}\right) \times 100$ | Porcentaje (%) |

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>5. Reubicación y liberación: Los individuos rescatados serán evaluados físicamente in situ e inmediatamente trasladados en contenedores ventilados (para reducir el estrés) hacia sitios de liberación previamente caracterizados. Estos sitios contarán con condiciones de hábitat similares, capacidad de carga adecuada y estarán lo suficientemente alejados del trazo del proyecto para evitar el retorno de los animales.<br><br>6. Vigilancia y monitoreo continuo: Ejecución de recorridos de avistamiento diarios durante las actividades de desmonte, terracerías y construcción para atender de forma inmediata a la fauna que pudiera ingresar accidentalmente a la zona de obras.<br><br>Objetivo: Salvaguardar la integridad física de las poblaciones de fauna silvestre presentes en la huella del proyecto, minimizando la mortalidad por atropellamiento o remoción de vegetación, y garantizando su integración exitosa en hábitats adyacentes seguros.<br><br>Periodicidad de implementación: Continua. Las acciones de prospección y ahuyentamiento se ejecutarán de forma preventiva previa a cada frente de desmonte; el rescate, reubicación y vigilancia serán de carácter permanente durante las obras.<br><br>Plazo de ejecución: 2.5 meses (o el periodo equivalente a la duración total de la etapa de preparación del sitio y construcción).</td>
<td></td>
<td>
<table>
<tr><td></td><td>abandono autónomo exitoso de las crías/polluelos.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Protección de especies en estatus (NOM-059)</td><td>Afectación accidental directa (lesión o muerte) a individuos listados en categorías de riesgo (Amenazadas, Sujetas a Protección Especial, o en Peligro de Extinción).</td><td>Número de ejemplares de la NOM-059-SEMARNAT-2010 afectados por la obra.</td><td>Número de individuos (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)<br>
• Bitácora de Registro de Fauna (Formatos de Campo): Bases de datos elaboradas y firmadas por los biólogos especialistas que documenten cada individuo manejado: especie, estatus (NOM-059), fecha, hora, método de captura (Sherman, manual), estado físico, coordenadas GPS de captura y coordenadas GPS del sitio de liberación.<br>
• Bitácoras o actas de Liberación<br>
• Evidencia fotográfica:<br>
1. Técnicas de ahuyentamiento y colocación de trampas.<br>
2. Ejemplares capturados (mostrando el uso pinzas, ganchos o contenedores ventilados).<br>
3. El momento exacto de la liberación en áreas con cobertura vegetal densa.<br>
4. Delimitación con malla o cinta de los buffers de protección para nidos.<br>
• Reportes de Incidencias y Mortalidad: Registro de cualquier ejemplar hallado muerto, especificando la causa probable, así como el levantamiento de actas administrativas contra trabajadores sorprendidos incurriendo en maltrato o caza.<br>
• Acreditación Técnica del Personal: Currículums, cédulas profesionales y/o autorizaciones de SEMARNAT de los biólogos o técnicos encargados del manejo de fauna, demostrando que son especialistas calificados.
</td>
</tr>
<tr>
<td>M07</td>
<td>Medida: M07 - Construcción, y mantenimiento de obras de drenaje longitudinal.<br><br>Toda el agua pluvial captada en el área del estacionamiento se conducirá mediante un sistema de drenaje longitudinal (cunetas, bordillos) siendo dirigida a la hacia la periferia del estacionamiento para favorecer su infiltración a y través del pedraplén.<br><br>Objetivo: Garantizar el mantenimiento de la dinámica hidrológica local y los volúmenes de</td>
<td>Dentro de la huella constructiva del proyecto</td>
<td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Construcción de obras de drenaje longitudinal drenaje (pluvial).</td><td>Avance físico en la construcción de cunetas y contracunetas proyectadas.</td><td>$\left(\frac{\text{Obras de drenaje construidas}}{\text{Obras de drenaje proyectadas}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Número de obras</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>recarga del acuífero subyacente durante la operación del proyecto, implementando un manejo adecuado de escurrimientos pluviales.<br><br>Periodicidad de implementación: Continua y programada. La construcción se realizará conforme al calendario de obra. Las labores de desazolve y mantenimiento tendrán carácter preventivo, intensificándose previo y durante la temporada de lluvias de cada año.<br><br>Plazo de ejecución: 2 meses para la edificación de las estructuras (etapa constructiva) y 50 años para las acciones de vigilancia y mantenimiento (correspondiente a toda la vida útil operativa del proyecto).</td><td></td><td>
<table>
<tr><td>Programa de desazolve preventivo</td><td>Ejecución de las jornadas de limpieza y retiro de sedimentos/palizada, especialmente previo a la temporada de lluvias.</td><td>$\left(\frac{\text{Mantenimientos ejecutados}}{\text{Mantenimientos programados}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Disposición de azolves</td><td>Retiro y disposición adecuada del material extraído (sedimentos y basura) fuera de los cauces.</td><td>Volumen de azolve retirado y enviado a sitios de disposición autorizados.</td><td>Metros cúbicos ($m^3$)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Integridad del estacionamiento</td><td>Daños al terraplén</td><td>Conteo de fallas geotécnicas o estructurales derivadas de un mal manejo hídrico.</td><td>Número de fallas</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)
<ul>
<li>Bitácoras de Mantenimiento y Desazolve: Registros anuales detallando la fecha de limpieza, la obra de drenaje atendida (por cadenamiento) y el volumen de azolve retirado.</li>
<li>Evidencia fotográfica:
<ol>
<li>Fotografías de la obra recién construida mostrando su funcionamiento</li>
<li>Secuencia "Antes y Después" de las jornadas de desazolve.</li>
</ol></li>
</ul>
</td></tr>
<tr><td>M08</td><td>Medida: M08 – Acciones de rescate y reubicación de flora silvestre.<br><br>Previo al inicio de cualquier actividad de desmonte y despalme, se ejecutará el rescate de aquellos individuos de flora que presenten alto valor biológico, ecológico, o que se encuentren enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010, los Apéndices CITES, la Lista Roja de la UICN, o que posean una distribución restringida (endémicas).<br><br>Queda estrictamente prohibida la colecta, tráfico, extracción no autorizada o daño a las especies de flora por parte del personal de obra. El contratista será responsable de supervisar y sancionar el incumplimiento de esta directriz.<br><br>Las acciones serán dirigidas por especialistas en flora ejecutando las siguientes actividades:<br><br>1. Prospección biológica y marcaje: Realización de recorridos por el polígono de afectación a cargo de una brigada biológica. Se ejecutará la identificación taxonómica, georreferenciación y marcaje físico (con</td><td>Dentro del proyecto (etapa de preparación del sitio)<br><br>Vivero temporal resguardo de ejemplares rescatados</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Prospección y rescate preventivo</td><td>Proporción de frentes de desmonte que contaron con rescate biológico previo al ingreso de maquinaria.</td><td>(Frentes rescatados / Total de frentes de desmonte) x 100</td><td>Porcentaje (El objetivo es 100%)</td></tr>
<tr><td>Infraestructura del vivero temporal</td><td>El vivero cuenta con las áreas exigidas: germinación, crecimiento, cuarentena, agua y sombra para epífitas.</td><td>Revisión de lista de verificación (checklist) de la infraestructura instalada.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
<tr><td>Efectividad de extracción biológica</td><td>Proporción de organismos vegetales marcados como viables que fueron efectivamente extraídos y trasladados al vivero.</td><td>(Individuos extraídos / Individuos marcados viables) x 100</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Trazabilidad técnica y legal</td><td>Plantas ingresadas al vivero que cuentan con su registro completo en la bitácora</td><td>(Registros completos / Total de plantas en vivero) x 100</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>cintas de alta visibilidad) de los organismos viables para rescate.<br><br>2. Instalación y habilitación del vivero temporal. Construcción de un vivero con capacidad espacial e infraestructura suficiente para albergar la flora rescatada. Deberá contar con abasto de agua garantizado y áreas delimitadas para: germinación de semillas, crecimiento, cuarentena (control fitosanitario) y un módulo con sombreado específico para especies epífitas.<br><br>3. Extracción y colecta de germoplasma: Extracción cuidadosa de los individuos marcados utilizando herramienta manual (palas, picos, coas). La maniobra priorizará la conservación del cepellón intacto para proteger el sistema radicular; en caso de raíz desnuda, se aplicarán tratamientos para evitar el estrés hídrico y la deshidratación durante el traslado. Simultáneamente, se realizará la colecta de germoplasma (semillas y propágulos) viables para su propagación en vivero.<br><br>Los organismos rescatados se registrarán en una bitácora que contendrá coordenadas del sitio de rescate, nombre científico , nombre común, estrato de rescate, técnica de rescate, condiciones del ejemplar y estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010.<br><br>4. Mantenimiento y aclimatación en vivero: Aplicación de labores culturales (embolsado, aplicación de sustrato, riegos, fertilización y control de plagas) para garantizar la sobrevivencia y adaptación de las plantas juveniles y adultas hasta el momento de su reubicación definitiva.<br><br>5. Reubicación y trasplante: se garantizará el 80% de sobrevivencia como mínimo. Traslado e incorporación de los individuos a sitios receptores seleccionados mediante una evaluación previa de su viabilidad ecológica y afinidad edafoclimática. Para la reubicación se priorizarán áreas de conservación contiguas, sitios definidos</td>
<td></td>
<td>
<table>
<tr><td></td><td>(coordenadas, taxonomía, estatus NOM-059).</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Prohibición de colecta ilegal</td><td>Ausencia de extracción, tala no autorizada, tráfico o daño intencional a la flora por parte del personal de obra.</td><td>Conteo de hallazgos de posesión o daño de flora en campamentos o reportes al contratista.</td><td>Número de incidencias (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Sobrevivencia Post-Trasplante</td><td>Porcentaje de individuos vivos y adaptados al sitio receptor respecto al total reubicado (Meta obligatoria).</td><td>(Individuos vivos en sitio receptor / Total de individuos reubicados) x 100</td><td>Porcentaje (El objetivo exigido es 80% o mayor)</td></tr>
<tr><td>Viabilidad del Germoplasma</td><td>Tasa de éxito en la germinación y propagación de las semillas o propágulos colectados en el vivero.</td><td>(Plántulas germinadas viables / Total de propágulos o semillas sembradas) x 100</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Estado Fitosanitario (Vivero y Campo)</td><td>Proporción de individuos rescatados que se mantienen libres de plagas, enfermedades severas o estrés hídrico.</td><td>(Individuos sanos / Total de individuos en monitoreo) x 100</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>Conservación de Especies NOM-059</td><td>Pérdida o mortandad de ejemplares listados bajo alguna categoría de riesgo (Amenazadas, Peligro de Extinción) por mal manejo.</td><td>Conteo de ejemplares NOM-059 muertos durante la extracción o resguardo.</td><td>Número de individuos (El objetivo es 0)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias sugeridas)
<ul>
<li>Bitácora de Rescate de Flora: Base de datos digital e impresa con los campos estipulados en la medida (nombre científico, común, coordenadas de extracción, técnica, condiciones, estatus NOM-059 y coordenadas de reubicación final).</li>
<li>Bitácoras o acta de reubicación de la flora</li>
<li>Informes Anuales de Sobrevivencia: Reportes técnicos anuales de monitoreo, con análisis estadístico que demuestre que se ha alcanzado y mantenido la meta mínima del 80% de supervivencia en los sitios receptores.</li>
<li>Planos del Vivero: Croquis y fotografías de la infraestructura del vivero temporal demostrando las zonas de cuarentena y el módulo específico de sombreado para orquídeas, bromelias y otras epífitas.</li>
<li>Evidencia Fotográfica:
<ol>
<li>Proceso de extracción manual</li>
<li>Aplicación de tratamientos antihongos o enraizadores.</li>
<li>Ejemplares en el vivero.</li>
<li>El momento de la plantación final en el sitio receptor, mostrando los riegos de auxilio.</li>
</ol></li>
</ul>
</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td>como prioritarios para la restauración por la CONABIO o zonas estratégicas para la recarga de acuíferos dentro de la misma región ecológica. Este predio deberá de contar con las condiciones ecosistémicas y edafoclimáticas<br><br>6. Monitoreo y evaluación de sobrevivencia: Ejecución de visitas periódicas a los sitios de reubicación para evaluar la adaptación de los individuos trasplantados, medir tasas de sobrevivencia y aplicar riegos de auxilio o medidas correctivas en caso de detectar estrés fisiológico.<br><br>7. Erradicación de especies exóticas y exóticas-invasoras.<br><br>Objetivo: Minimizar la pérdida de biodiversidad vegetal mediante el rescate, propagación y reintroducción exitosa de individuos juveniles viables y germoplasma, garantizando la conservación de especies protegidas y el restablecimiento de los servicios ecosistémicos.<br><br>Periodicidad de implementación: Programada y secuencial. El rescate se realizará de forma preventiva antes del desmonte. El resguardo será continuo durante la obra, y el monitoreo será periódico posterior al trasplante.<br><br>Plazo de ejecución:<br>• Rescate: 3 días (previo a las actividades de desmonte).<br>• Resguardo en vivero: 2 meses (o hasta que las condiciones climáticas sean óptimas para la reubicación).<br>• Monitoreo y seguimiento: 3 años a partir de la reubicación física de la flora.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>M09</td><td>Medida: M09.- Franjas y jardineras de infiltración con vegetación natural nativa dentro del estacionamiento.<br><br>Se deberán delimitar y respetar áreas específicas dentro del polígono del proyecto que fungirán como "ventanas" o franjas de captación e infiltración hídrica. Estas zonas quedarán estrictamente excluidas de los procesos de</td><td>Dentro del área del proyecto</td><td>Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Delimitación preventiva</td><td>Aislamiento físico (cercado o acordonamiento) de las franjas de infiltración previo al ingreso de la</td><td>$\left(\frac{\text{Franjas delimitadas preventivamente}}{\text{Total de franjas proyectadas}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (El objetivo es 100%)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>despalme, compactación y tendido de base hidráulica.<br><br>En estas franjas se conservará intacta la vegetación forestal nativa existente (estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo), lo cual funcionará como zona de recarga inducida y cumplirá con los siguientes mecanismos de acción:<br><br>• Control de escorrentía: El diseño topográfico (pendientes) de las plataformas pavimentadas y las obras de drenaje pluvial (cunetas o bordillos) deberán estar direccionados hacia estas franjas, permitiendo que el agua pluvial se acumule temporalmente en ellas y se percole de forma paulatina hacia el subsuelo, respetando la alta permeabilidad del sistema kárstico.<br><br>• Conservación de biomasa: Al mantener la vegetación in situ, se preservan parches de sombra natural que regulan la temperatura microclimática de la plancha de rodamiento y sirven como refugios temporales (conectividad de paso) para la avifauna y mastofauna de baja movilidad.<br><br>Objetivo: Garantizar el mantenimiento de la dinámica hidrológica local (superficial y subterránea) y los volúmenes de recarga del acuífero, amortiguando simultáneamente el efecto de isla de calor y preservando microhábitats para la fauna local.<br><br>Periodicidad de implementación: Ejecución física inicial y única para el trazo, delimitación y aislamiento de las franjas previo al ingreso de la maquinaria de desmonte.<br><br>Plazo de ejecución:<br><br>2 meses durante la etapa de construcción (con mantenimiento preventivo permanente durante la etapa de operación para retirar basura o azolve que impida la infiltración).</td>
<td></td>
<td>
<table>
<tr><td></td><td>maquinaria de desmonte.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Exclusión de compactación y despalme</td><td>Superficie de la franja que se mantuvo estrictamente libre de remoción de suelo, tendido de base hidráulica o paso de maquinaria pesada.</td><td>$\left(\frac{\text{Superficie intacta de la franja}}{\text{Superficie total proyectada de la franja}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (El objetivo es 100%)</td></tr>
<tr><td>Direccionamiento de escorrentía</td><td>El diseño de las pendientes de la plancha de rodamiento y las cunetas canalizan físicamente el agua pluvial hacia las franjas.</td><td>Revisión de niveles topográficos (Planos As-Built) frente a las franjas.</td><td>Cumple / No Cumple</td></tr>
<tr><td>Mantenimiento y desazolve (Operación)</td><td>Ejecución de labores periódicas de retiro de basura, plásticos y exceso de sedimentos que puedan impermeabilizar la franja.</td><td>$\left(\frac{\text{Jornadas de limpieza ejecutadas}}{\text{Jornadas programadas en el periodo}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
2. Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Infiltración hídrica (Permeabilidad)</td><td>Capacidad de la franja para percolar la escorrentía acumulada sin generar estancamientos prolongados que afecten el estacionamiento.</td><td>Número de reportes por encharcamiento severo o inundación en las plataformas pavimentadas adyacentes.</td><td>Número de incidencias (El objetivo es 0)</td></tr>
<tr><td>Conservación de la biomasa original</td><td>Mantenimiento del vigor, cobertura y salud fitosanitaria de los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo que fueron dejados in situ.</td><td>Estimación visual de supervivencia y cobertura vegetal respecto a la Línea Base.</td><td>Porcentaje de cobertura (%)</td></tr>
<tr><td>Mitigación de isla de calor</td><td>Reducción del estrés térmico en el estacionamiento gracias a la sombra natural proyectada por los árboles conservados.</td><td>Diferencia de temperatura superficial entre el asfalto/concreto expuesto y el asfalto bajo la sombra de la franja.</td><td>Grados Centígrados (°C)</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th>CLAVE</th><th>DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN</th><th>UBICACIÓN</th><th>PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>
<table>
<tr><td>Refugio de fauna (Microhábitat)</td><td>Presencia de avifauna, polinizadores o mastofauna menor utilizando la vegetación intacta de la franja como zona de descanso o paso.</td><td>Conteo de avistamientos o registros fotográficos de fauna en el área.</td><td>Número de registros</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)<br>
• Planos de la ubicación de las franjas con vegetación.<br>
• Evidencia Fotográfica<br>
1. Cercado preventivo de alta visibilidad protegiendo la vegetación original durante los trabajos de construcción.<br>
2. Transición física entre la plancha de rodamiento (estacionamiento) y la franja de tierra natural.<br>
3. Crecimiento y estado de salud de la vegetación (especialmente los árboles) que proveen sombra a los cajones de estacionamiento.
</td></tr>
<tr><td>C01</td><td>Medida: C01 – Programa de Reforestación.<br><br>Como medida de compensación, se ejecutarán acciones de reforestación dirigidas a la recuperación ecosistémica de 1 hectárea (ha) de áreas degradadas. La plantación se establecerá bajo un diseño de marco real, con un distanciamiento de 4 m x 4 m entre plantas e hileras, ajustándose a las condiciones físicas y biológicas actuales del sitio. Para cubrir la superficie propuesta con esta densidad, se requiere el establecimiento de un total de 625 individuos forestales.<br><br>• Preparación del terreno. Se refiere a la limpieza del sitio a reforestar o en caso de ser necesario a la descompactar el suelo para garantizar el éxito del programa. En caso de que en la periferia haya algún tipo de vegetación, este deberá dejarse con la finalidad de contrarrestar los efectos nocivos del viento.<br><br>• Diseño y trazado de la plantación. La distancia establecida entre hileras y plantas es de 4 y 4 metros, lo cual da una densidad por hectárea de625 individuos aproximadamente. El trazo se establecerá de forma perpendicular a la pendiente.<br><br>• Apertura de cepas. La dimensión de la cepa está en función del tamaño del cepellón o</td><td>En polígonos dentro de la región ecológica donde se inserta el proyecto</td><td>
Parámetros de Verificación de Cumplimiento
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Establecimiento de Reforestación</td><td>Superficie reforestada con especies nativas según la densidad y paleta vegetal autorizado.</td><td>$\left(\frac{\text{Superficie plantada}}{\text{Superficie total a compensar}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y Hectáreas (ha)</td></tr>
<tr><td>Obras de conservación de suelos</td><td>Avance físico en la construcción de terrazas individuales</td><td>$\left(\frac{\text{Obras ejecutadas}}{\text{Obras proyectadas en el plan}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) y cúbicos ($m^3$)</td></tr>
<tr><td>Mantenimiento forestal</td><td>Ejecución de las labores silviculturales (riegos, cajeteo, deshierbe, replante).</td><td>$\left(\frac{\text{Labores de mantenimiento ejecutadas}}{\text{Labores programadas en el periodo}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
</table>
Parámetros de Verificación de Eficacia
<table>
<tr><th>Parámetro a Evaluar</th><th>Indicador</th><th>Fórmula / Método de Cálculo</th><th>Unidad de Medida</th></tr>
<tr><td>Supervivencia Forestal</td><td>Porcentaje de individuos vivos y en buen estado fitosanitario respecto a los plantados inicialmente (o tras el replante).</td><td>$\left(\frac{\text{Árboles vivos en parcelas de monitoreo}}{\text{Árboles plantados en parcelas de monitoreo}}\right) \times 100$</td><td>Porcentaje (%) (El objetivo exigido por SEMARNAT suele ser ≥ 70% u 80%)</td></tr>
</table>
Medios de Verificación (Evidencias)
</td></tr>
</table>



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

| CLAVE | DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN | UBICACIÓN | PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES |
|---|---|---|---|
| | contenedor. La apertura de cepas se podrá realizar de la siguiente manera:<br>o Se abre un hoyo con ayuda de una pala (si el sitio presenta cierto grado de compactación, se tendrá que auxiliar con pico o barreta).<br>o La tierra que se extraiga de la cepa se amontonará a un lado de esta, para permitir el aireado de la tierra y de las paredes de la cepa. Es recomendable que se invierta la tierra que se extrajo de la cepa con la finalidad de que la tierra más fértil (parte superior) esté disponible para las raíces.<br><br>• Mantenimiento de la plantación. Estas medidas deberán realizarse al establecerse la plantación, siendo las primeras semanas el período en el cual la planta pudiera presentar signos de estrés ocasionados tanto por el transporte, como por el movimiento que conllevan las actividades de plantación. Una vez pasando este período las plántulas reforestadas sobrepasan esa etapa de adaptación – aclimatación y visualmente su vigor y estructura serán evidentes. Asimismo, se deberá realizar labores periódicas de mantenimiento y evaluación durante 4 años posteriores. A continuación, se describen las principales labores de mantenimiento programadas:<br><br>o Conformación de terrazas individuales<br>o Chapeo de vegetación herbácea abundante<br>o Aplicación de fertilizantes<br><br>**Objetivo:** llevar a cabo la reforestación con especies nativas y acorde a las condiciones imperantes en la zona con la finalidad de mitigar el impacto ambiental derivado de la remoción de la vegetación nativa por efecto del cambio de uso de suelo derivado del desarrollo del proyecto.<br><br>**Periodicidad de implementación:** Ejecución física inicial (establecimiento de plantación y obras) por única vez, seguida de un programa de mantenimiento forestal, control de invasoras y monitoreo de sobrevivencia de forma periódica y continua. | | • Informes Anuales de Supervivencia: Estudios de monitoreo técnico (usualmente apoyados en parcelas de muestreo estadístico) que validen el porcentaje de árboles vivos, el crecimiento promedio y la justificación de las actividades de replante.<br>• Bitácoras de Mantenimiento: Registros de las jornadas de riego de auxilio, deshierbe y erradicación de especies invasoras.<br>• Cartografía: Planos que demuestren visualmente el incremento de la cobertura vegetal y el trazado de las brechas cortafuego a lo largo de los años.<br>• Evidencias fotográficas |

| CLAVE | DESCRIPCIÓN, OBJETIVOS, ALCANCES, PERIODICIDAD DE IMPLEMENTACIÓN Y PLAZO DE EJECUCIÓN | UBICACIÓN | PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y EFICACIA, INCLUYENDO LOS INDICADORES Y SUS UNIDADES |
|---|---|---|---|
| | **Plazo de ejecución:** El establecimiento de la plantación y la construcción de obras de conservación de suelo se ejecutará en un plazo de 15 días a 1 mes. El mantenimiento forestal y el monitoreo ecológico se mantendrán vigentes por un periodo de 3 a 5 años (o en apego a los plazos que determine la autoridad ambiental). | | |



Campo Mil. Estratégico Conjunto No. 37-D "Gral. Div. P.A. Alfredo Lezama Álvarez". Sta. Lucía, Edo. Méx.
5966 890108 Ext. 50004 grupomundomaya.com

### IV.2.3. Seguimiento y control

Para asegurar el cumplimiento de las medidas de control, prevención, mitigación y compensación ambiental, esta Promovente a través de la empresa que contrate para la ejecución de los trabajos contará con personal especialista en el área de supervisión y vigilancia de obra en materia ambiental, quienes darán el seguimiento puntual y permanente a todos los trabajos en el sitio del proyecto y a las medidas ambientales.

La supervisión ambiental registrará y documentará en las bitácoras respectivas, los avances de los trabajos de preparación del sitio y construcción del proyecto, así como los avances de cumplimiento a cada medida de control, prevención, mitigación, compensaciones propuestas. Ahora bien, para garantizar el debido cumplimiento en materia ambiental, adicionalmente la esta promovente designará a un responsable externo a la empresa contratista, encargado de realizar la supervisión ambiental del proyecto, con suficientes conocimientos y experiencia en materia ambiental.

## IV.3 CONCLUSIONES

El proyecto enfocado en la construcción y operación del estacionamiento del Parque Del Jaguar, para la resección de visitantes, se clasifica como una obra de impacto ambiental moderado. Esta categorización responde a la magnitud de las actividades constructivas y operativas asociadas, las cuales abarcan desde la preparación del sitio (desmonte y despalme) y la conformación del terreno (formación del pedraplén y terraplén, base hidráulica), hasta la edificación de infraestructura ligera como cubiertas con estructura metálica y paneles fotovoltáicos para sombreado de los cajones.

El diagnóstico y la evaluación ambiental permitieron identificar que los principales impactos negativos se concentran de manera puntual y parcial en el Área del Proyecto (AP). Las alteraciones más significativas inciden sobre la geomorfología y edafología (riesgo de hundimiento por compactación y pérdida de materia orgánica), la hidrología (impermeabilización, reducción de infiltración y modificación de patrones de escurrimiento), así como sobre el componente biótico, manifestándose en la pérdida de cobertura vegetal, la afectación de individuos listados en la NOM-059-SEMARNAT-2010, el ahuyentamiento de fauna, el efecto-barrera y la fragmentación del hábitat. Asimismo, se identificaron presiones socioambientales derivadas del cambio de uso de suelo y la alteración de la calidad del paisaje.

No obstante, al escalar el análisis a nivel de la Región Ecológica (RE), se determina que dichos impactos presentan una menor magnitud, ostentando un carácter predominantemente indirecto y de acumulación simple. La extensión territorial de la región y la capacidad de resiliencia de los ecosistemas circundantes permiten amortiguar estas alteraciones. La comparativa espacial evidencia que, si bien los efectos son localmente severos durante la preparación del sitio y la construcción, su influencia es limitada y altamente susceptible de ser controlada y mitigada.

Para garantizar este control, las medidas de prevención, mitigación y compensación dictadas se orientan a reducir drásticamente la intensidad y extensión de los impactos. Destacan entre ellas: la delimitación estricta de las áreas de afectación operativa para evitar disturbios innecesarios, la ejecución de acciones de rescate y reubicación de flora y fauna, el manejo integral de residuos y sustancias peligrosas, así como acciones de reforestación compensatoria. Estas acciones conforman un enfoque preventivo y correctivo diseñado para mantener la funcionalidad ecológica del sistema selvático.

A la par, el seguimiento ambiental se establece como el instrumento fundamental y obligatorio para verificar el cumplimiento técnico de estas medidas. A través del seguimiento riguroso de indicadores específicos y el monitoreo periódico de los componentes ambientales (suelo, agua, flora, fauna y dinámica socioeconómica), se garantiza la detección oportuna de desviaciones y la aplicación de acciones correctivas, asegurando un proceso de mejora continua en la gestión ambiental del proyecto.

Bajo un enfoque integral, es imperativo subrayar que el estacionamiento representa beneficios socioeconómicos de alta relevancia, como la generación de empleos directos e indirectos, estos beneficios superan los costos ambientales locales y contribuyen directamente al desarrollo sostenible de la región.

En conclusión, tras medir la naturaleza de los impactos identificados, su distribución espacial entre el Área del Proyecto y la Región Ecológica, y la efectividad proyectada del conjunto de medidas de mitigación y compensación, el proyecto se dictamina como técnica, ambiental y socialmente viable. Su ejecución, condicionada al estricto apego a la normatividad ambiental vigente y a los instrumentos de manejo aquí propuestos, permitirá una adecuada integración de la infraestructura con su entorno, salvaguardando los procesos ecológicos clave y asegurando la sostenibilidad de los recursos naturales.

## IV.4BIBLIOGRAFÍA

**(C)**

Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology. McGraw-Hill.

Comisión Nacional del Agua. (2024). Estadísticas del agua en México 2024. Comisión Nacional del Agua.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2016). Capital natural de México. Síntesis: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. CONABIO.

Conesa Fernández-Vítora, V. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (4.ª ed., revisada y ampliada). Mundi-Prensa.

Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. (2023). The CITES Appendices. https://cites.org

**(D)**

Dingman, S. L. (2015). *Physical Hydrology* (3rd ed.). Waveland Press.

(**F)**

Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 34*, 487-515.

Farina, A. (2006). *Principles and Methods in Landscape Ecology*. Springer.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). Status of the World's Soil Resources. FAO.

Forman, R. T. T. (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press.

**(G)**

Glasson, J., Therivel, R., & Chadwick, A. (2013). *Introduction to Environmental Impact Assessment* (4th ed.). Routledge.

(I)

Instituto Nacional de Antropología e Historia. (2023). Sistema de Información Cultural. Zonas arqueológicas de México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VII. INEGI.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. IPCC.

International Union for Conservation of Nature. (2024). The IUCN Red List of Threatened Species. https://www.iucnredlist.org

**(L)**

Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., & Balsley, J. R. (1971). A Procedure for Evaluating Environmental Impact (U.S. Geological Survey Circular 645). U.S. Geological Survey.

**(M)**

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press.

Milne, B. T., Johnston, K. M., Forman, R. T. T., & Keller, C. M. (1996). Landscape representation, ecological processes and land-use planning. En R. G. Wright (Ed.), National Parks and Protected Areas: Their Role in Environmental Protection (pp. 249–267). Blackwell Science.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2012). Guía Metodológica para Estudios de Paisaje.

**(P)**

Pedraza, J. (1996). *Geomorfología: Principios, métodos y aplicaciones*. Rueda.

Primack, R. B. (2020). Essentials of Conservation Biology (7th ed.). Sinauer Associates.

**(R)**

Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México (1.ª ed. digital). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

**(S)**

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018). Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental—Especies nativas de México de flora y fauna silvestres—Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio—Lista de especies en riesgo.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020–2024.

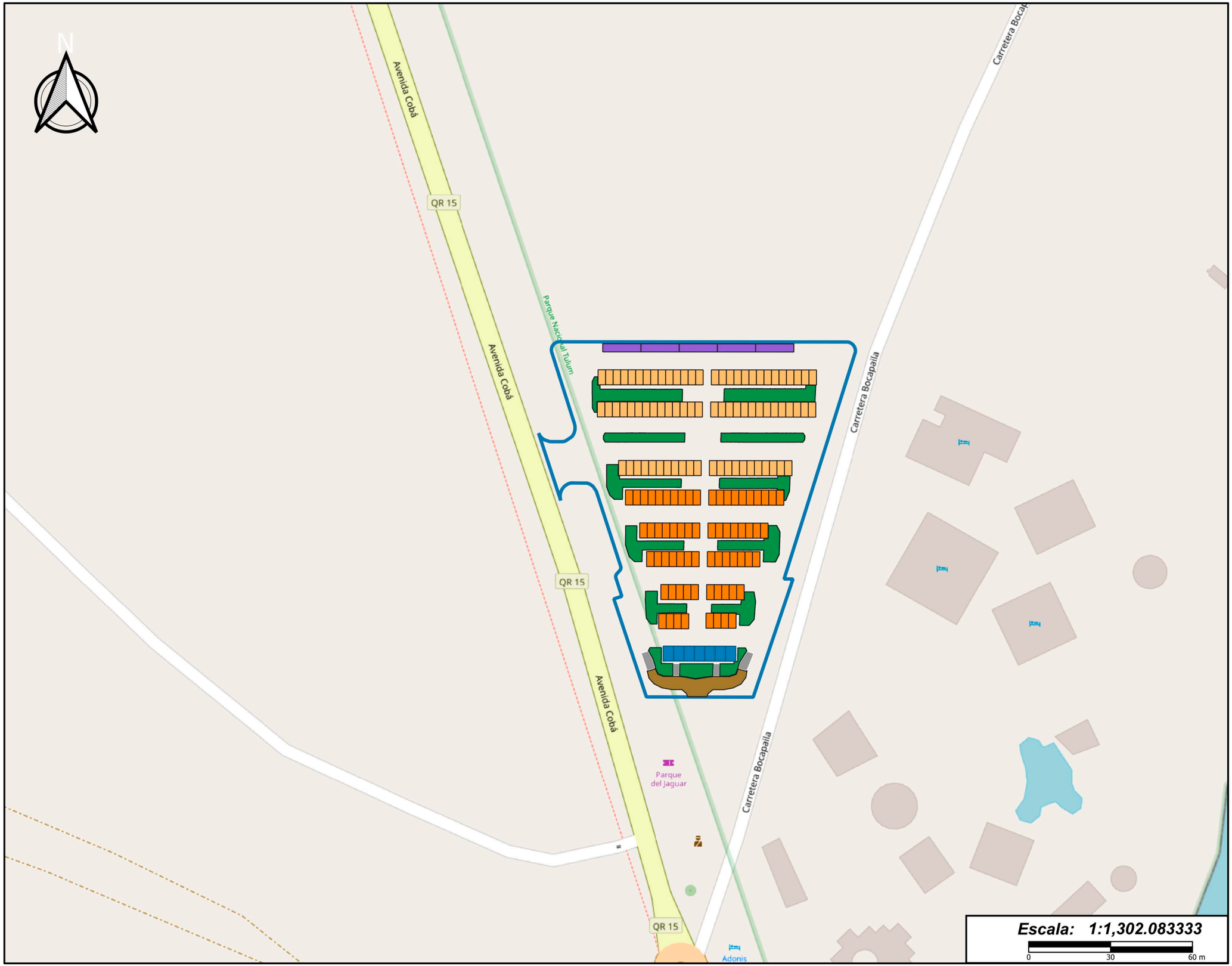
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2023). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. SEMARNAT.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2024). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Diario Oficial de la Federación.

**(T)**

Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., & Tasa, D. (2020). Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física (12.ª ed.). Pearson.

Turner, M. G., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (2001). Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process. Springer.




GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular (MIA-P) para el proyecto :

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:** Componentes del Proyecto

## Simbología

- Área de Proyecto (AP)

Componentes

- Cajones Autobuses
- Cajones CPF
- Cajones Estandar
- Cajones PMR
- Jardinera
- Lobby
- Rampas

## Ubicación




**Estados de Quintana Roo**

**Macro Escala:** 1,000,000

**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone
**Proyección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 25-10-2026
**Elabora:** Edgar Ramón Gómez Vega

2235000N

2235000N

N

Cenote Calavera

Tulipán

Palma

Tulum

Calle Tulipán

Avenida Cobá

Avenida Tulum

Avenida Juanek

Avenida Kukulkan

Carretera Reforma Agraria - Puerto Juárez

Área de Protección de Flora y Fauna Jaguar

Kaul

Balamkú

Kinich

Kantunil

Nicteel

Itze

Chakte

Amalte

Yalku

Playa Paraíso

Quintana Roo

Carretera Boca Paila

Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano

Parque Nacional Tulum

Adonis

MEX 307

QR 109

QR 15

Escala: 1:20,833.333333

0 0.5 1 km

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular (MIA-P) para el proyecto :

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:** Ubicación del Proyecto

## Simbología

Área de Proyecto (AP)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 1,000,000

**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone
**Proyección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 25-10-2026
**Elabora:** Edgar Ramón Gómez Vega

435000E 450000E 465000E 480000E 495000E 510000E

2250000N

2235000N

2220000N

2205000N

N

62

64

Escala: 1:2,000

0 60 120 m

Escala: 1:250,000

0 7,500 15,000 m

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

GRUPO Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

# "TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:** Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

## Simbología

Proyecto

- **Región Ecológica (RE)**
- **Área de Influencia (AI)**
- **Área de Proyecto (AP)**

**UABs**

- 62.000000
- 64.000000

## Ubicación




**Estados de Quintana Roo**

**Macro Escala:** 250,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente. POEGT, 2012
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 25-10-2026
**Elabora:** Edgar Ramón Gómez Vega

435000E 450000E 465000E 480000E 495000E 510000E

2250000N 2235000N 2220000N 2205000N

N

139 143 144 148 145 146 147 181 178 141 194 142

Escala: 1:2,000
0 60 120 m

Escala: 1:250,000
0 7,500 15,000 m

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

GRUPO Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

# "TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:** Programa de Ordenamiento Ecológico, Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMyMC)

## Simbología

Proyecto
- Región Ecológica (RE)
- Área de Influencia (AI)
- Área de Proyecto (AP)

UGAs Marino
- 139
- 141
- 142
- 143
- 144
- 145
- 146
- 147
- 148
- 178
- 181
- 193
- 194

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 250,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente. POEMyRGMyMC, 2012
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 25-10-2026

**Elabora:** Edgar Ramón Gómez Vega

435000E 450000E 465000E 480000E 495000E 510000E

2250000N 2235000N 2220000N 2205000N

FF-3-14 AH-3-4 FF-3-9 AH-3-10 AH-3-10 CN-5-7 AN-5-5 TU-4-11 FF-3-14 CN-5-8 FF-3-1 IF-3-6 AN-5-5 AH-3-4 FF-4-3

AN-5-5 AH-3-4 FF-4-3

Escala: 1:2,000
0 60 120 m

Escala: 1:250,000
0 7,500 15,000 m

GAFSACOMM GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V. Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

**"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"**

**Mapa:** Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región denominada Corredor Cancún-Tulum (POET Corredor Cancún-Tulum)

## Simbología

Proyecto
- **Región Ecológica (RE)**
- **Área de Influencia (AI)**
- **Área de Proyecto (AP)**

**UGAs POET C-T**
- AH-3-10
- AH-3-4
- AN-5-5
- CN-4-2
- CN-5-7
- CN-5-8
- FF-3-1
- FF-3-14
- FF-3-9
- FF-4-3
- IF-3-6
- TU-4-11

## Ubicación




**Estados de Quintana Roo**

**Macro Escala:** 250,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente. POET Corredor Cancún-Tulum
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 25-10-2026

**Elabora:** Edgar Ramón Gómez Vega

435000E 450000E 465000E 480000E 495000E 510000E

2250000N 2235000N 2220000N 2205000N

N

Uso público con Infraestructura Turística
Recuperación
Uso público con Infraestructura Turística
Preservación
Uso público con Infraestructura Turística
Uso Público Caminos de Ingreso
Uso público con Infraestructura Turística
Uso público con Infraestructura Turística
Preservación
Preservación
Recuperación
Uso Público Playas, Accesos, Senderos
Recuperación
Uso público con Infraestructura Turística

Preservación
Uso Público Playas, Accesos, Senderos y Vestigios Arqueológicos
Preservación
Preservación
Uso Público Caminos de Ingreso
Uso público con Infraestructura Turística

Escala: 1:2,000
0 60 120 m

Escala: 1:250,000
0 7,500 15,000 m

GAFSACOMM GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.
GRUPO Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

# "TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:** Zonificación del Área Natural Protegida Denominada "Parque Nacional Tulum"

## Simbología

Proyecto
- **Región Ecológica (RE)**
- **Área de Influencia (AI)**
- **Área de Proyecto (AP)**

**Subzonificación**
- Preservación
- Recuperación
- Uso Público Caminos de Ingreso
- Uso público con Infraestructura Turística
- Uso Público Playas, Accesos, Senderos y Vestigios Arqueológicos

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 250,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente. POET Corredor Cancún-Tulum
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 25-10-2026
**Elabora:** Edgar Ramón Gómez Vega

435000E 450000E 465000E 480000E 495000E 510000E

2250000N 2235000N 2220000N 2205000N

N

Felipe Carrillo Puerto

Jaguar

La porción norte y la franja costera oriental, terrestres y marinas de la Isla de Cozumel

Cenote Aerolito

Arrecifes de Cozumel

Tulum

Chunyaxché

Sian Ka'an

Arrecifes de Sian Ka'an

Escala: 1:2,000
0 60 120 m

Escala: 1:250,000
0 7,500 15,000 m

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

GRUPO Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

**"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"**

**Mapa:** Polígonos de las Áreas Naturales Protegidas (ANPs)

## Simbología

Proyecto
- **Región Ecológica (RE)**
- **Área de Influencia (AI)**
- **Área de Proyecto (AP)**

**ANPs**
- Arrecifes de Cozumel
- Arrecifes de Sian Ka'an
- Caribe Mexicano
- Cenote Aerolito
- Felipe Carrillo Puerto
- Jaguar
- La porción norte y la franja costera oriental, terrestres y marinas de la Isla de Cozumel
- Sian Ka'an
- Tulum

## Ubicación




**Estados de Quintana Roo**

**Macro Escala:** 250,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente. ANPs, 2026
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 25-10-2026
**Elabora:** Edgar Ramón Gómez Vega

435000E 450000E 465000E 480000E 495000E 510000E

2250000N 2235000N 2220000N 2205000N

Laguna de Chankanaab

Selvas y Humedales de Cozumel

Xcacel-Xcacelito

Laguna Colombia

Escala: 1:2,000

0 60 120 m

Escala: 1:250,000

0 7,500 15,000 m

GAFSACOMM GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

# "TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:** Polígonos de las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) Estatales y Municipales

## Simbología

Proyecto

- **Región Ecológica (RE)**
- **Área de Influencia (AI)**
- **Área de Proyecto (AP)**

**Polígonos de protección**

- Laguna Colombia
- Laguna de Chankanaab
- Selvas y Humedales de Cozumel
- Xcacel-Xcacelito

## Ubicación




**Estados de Quintana Roo**

**Macro Escala:** 250,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente. ANPs, 2026
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 25-10-2026
**Elabora:** Edgar Ramón Gómez Vega

435000E 450000E 465000E 480000E 495000E 510000E

2265000N

2250000N

2235000N

2220000N

N

Territorio Ancestral Indígena Tzucan Uxuxubi

Escala: 1:2,000

0 60 120 m

Escala: 1:250,000

0 7,500 15,000 m

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

# "TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:** Polígonos de las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVCs)

## Simbología

Proyecto

- **Región Ecológica (RE)**
- **Área de Influencia (AI)**
- **Área de Proyecto (AP)**

**Polígonos de protección**

- Territorio Ancestral Indígena Tzucan Uxuxubi

## Ubicación




**Estados de Quintana Roo**

**Macro Escala:** 250,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente. ANPs, 2026
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 25-10-2026
**Elabora:** Edgar Ramón Gómez Vega

420000E 435000E 450000E 465000E 480000E 495000E

2265000N 2250000N 2235000N 2220000N 2205000N

N

Ejido San Juan

Escala: 1:2,000

0 60 120 m

Escala: 1:250,000

0 7,500 15,000 m

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

GRUPO Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

# "TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:** Polígonos de las Unidades de Manejo Ambiental (UMAs)

## Simbología

Proyecto

- Región Ecológica (RE)
- Área de Influencia (AI)
- Área de Proyecto (AP)

**Polígonos protegidos**

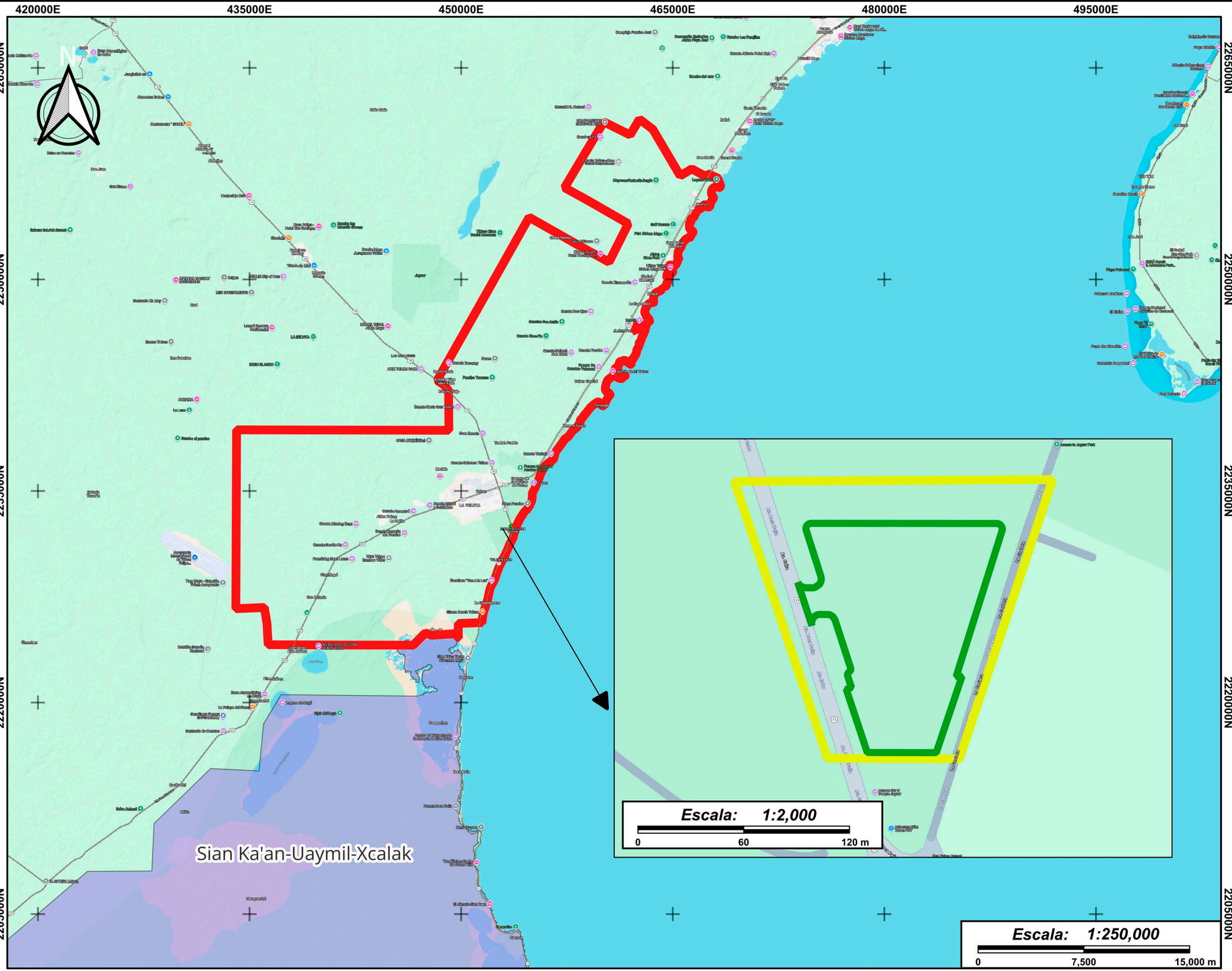
- Ejido San Juan

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 250,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente. UMAs, 2020
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 25-10-2026
**Elabora:** Edgar Ramón Gómez Vega




GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.
Grupo Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

# "TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:** Polígonos de las Regiones Terrestres Prioritarias (RTPs)

## Simbología

Proyecto

- **Región Ecológica (RE)**
- **Área de Influencia (AI)**
- **Área de Proyecto (AP)**

**Polígonos protegidos**

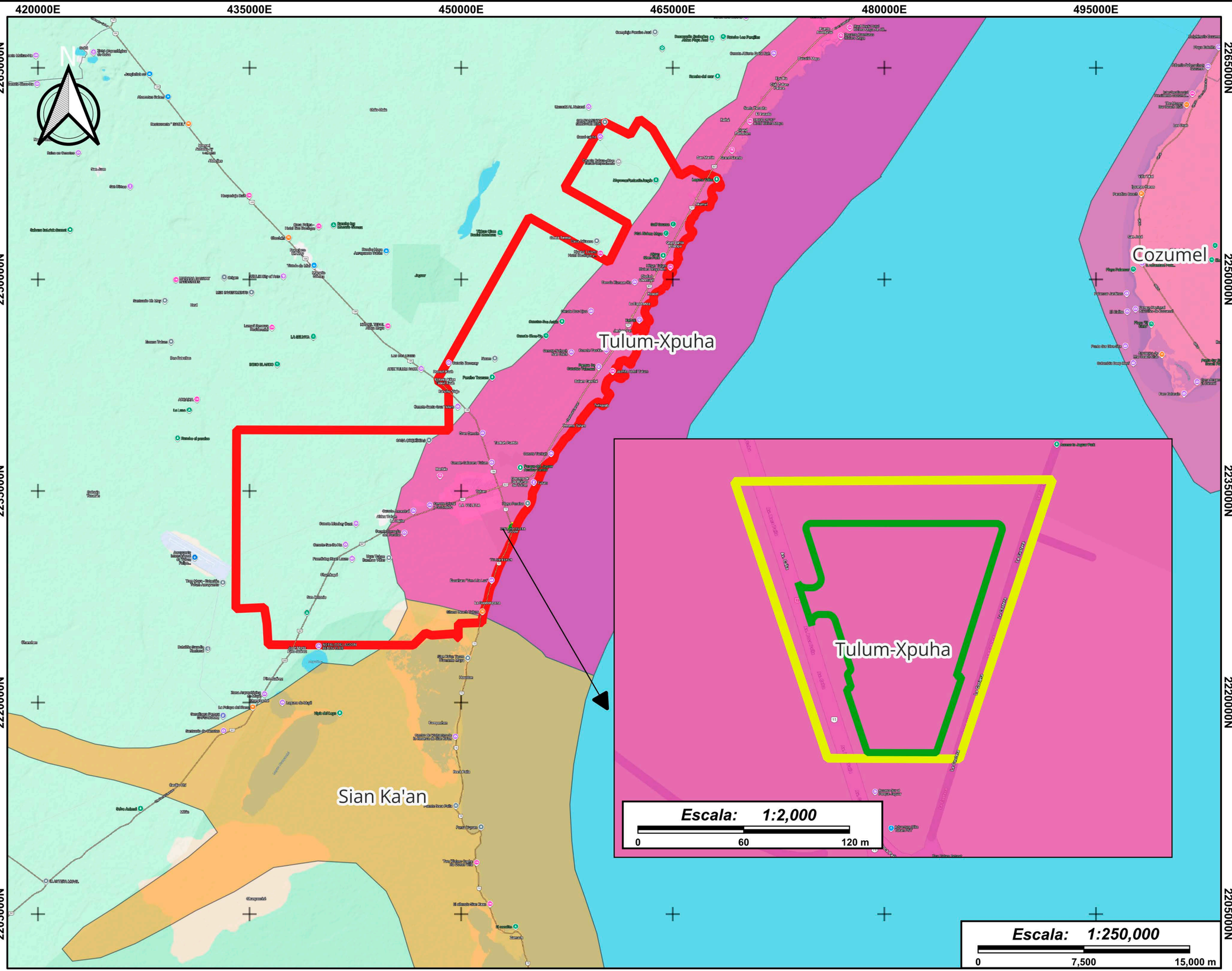
- Ejido San Juan

## Ubicación




**Estados de Quintana Roo**

**Macro Escala:** 250,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente. Arriaga et al.- CONABIO, 2000
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 25-10-2026
**Elabora:** Edgar Ramón Gómez Vega




GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

GRUPO Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

**"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"**

**Mapa:** Polígonos de las Regiones Marinas Prioritarias (RMPs)

## Simbología

Proyecto

- **Región Ecológica (RE)**
- **Área de Influencia (AI)**
- **Área de Proyecto (AP)**

**RMPs**

- Cozumel
- Pta. Maroma-Nizuc
- Sian Ka'an
- Tulum-Xpuha

## Ubicación




**Estados de Quintana Roo**

**Macro Escala:** 250,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente. CONABIO, 1998
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 25-10-2026
**Elabora:** Edgar Ramón Gómez Vega

420000E 435000E 450000E 465000E 480000E 495000E

2265000N 2250000N 2235000N 2220000N 2205000N

Sureste

Sureste

Sureste

Sureste

Escala: 1:2,000

0 60 120 m

Escala: 1:250,000

0 7,500 15,000 m

GAFSACOMM GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

GRUPO Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

# "TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:** Polígonos de las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHPs)

## Simbología

Proyecto

- **Región Ecológica (RE)**
- **Área de Influencia (AI)**
- **Área de Proyecto (AP)**

**RHPs**

- Sureste

## Ubicación




**Estados de Quintana Roo**

**Macro Escala:** 250,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente. CONABIO, 2002
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 25-10-2026
**Elabora:** Edgar Ramón Gómez Vega

420000E 435000E 450000E 465000E 480000E 495000E

2265000N 2250000N 2235000N 2220000N 2205000N

CORREDOR CENTRAL VALLARTA-PUNTA LAGUNA

ISLA COZUMEL

SIAN KA'AN

N

Escala: 1:2,000

0 60 120 m

Escala: 1:250,000

0 7,500 15,000 m

GAFSACOMM

GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

GRUPO Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

# "TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:** Polígonos de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs)

## Simbología

Proyecto

- **Región Ecológica (RE)**
- **Área de Influencia (AI)**
- **Área de Proyecto (AP)**

**AICAs**

- CORREDOR CENTRAL VALLARTA-PUNTA LAGUNA
- ISLA COZUMEL
- SIAN KA'AN

## Ubicación




**Estados de Quintana Roo**

**Macro Escala:** 250,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente. CIPAMEX-CONABIO, 1996
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 25-10-2026
**Elabora:** Edgar Ramón Gómez Vega

435000E 450000E 465000E 480000E 495000E 510000E

2265000N 2250000N 2235000N 2220000N 2205000N

N

Playa Tortuguera X'cacel-X'cacelito

Parque Nacional Arrecife de Cozumel

Sian Ka'an

Escala: 1:2,000

0 60 120 m

Escala: 1:250,000

0 7,500 15,000 m

435000E 450000E 465000E 480000E 495000E 510000E

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

GRUPO Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

# "TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:** Polígonos de los sitios RAMSAR

## Simbología

Proyecto

- **Región Ecológica (RE)**
- **Área de Influencia (AI)**
- **Área de Proyecto (AP)**

**Sitios Ramsar**

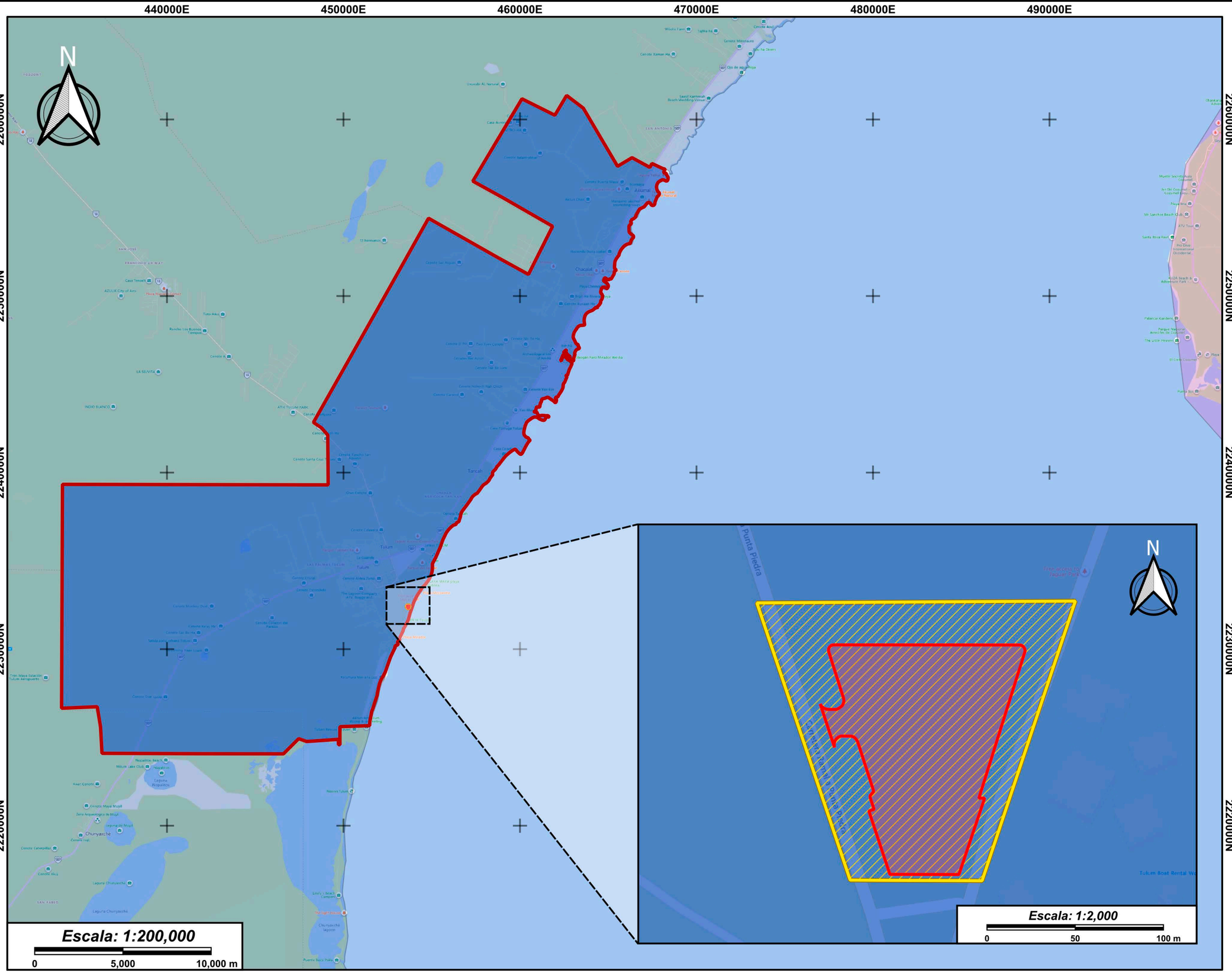
- Manglares y Humedales del Norte de Isla Cozumel
- Otoch Ma'ax Yetel Kooh
- Parque Nacional Arrecife de Cozumel
- Playa Tortuguera X'cacel-X'cacelito
- Sian Ka'an

## Ubicación




**Estados de Quintana Roo**

**Macro Escala:** 250,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente. RAMSAR, 1986
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 25-10-2026
**Elabora:** Edgar Ramón Gómez Vega




GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Acuíferos

## Simbología

**Acuífero**

- Peninsula de Yucatan

**Información general**

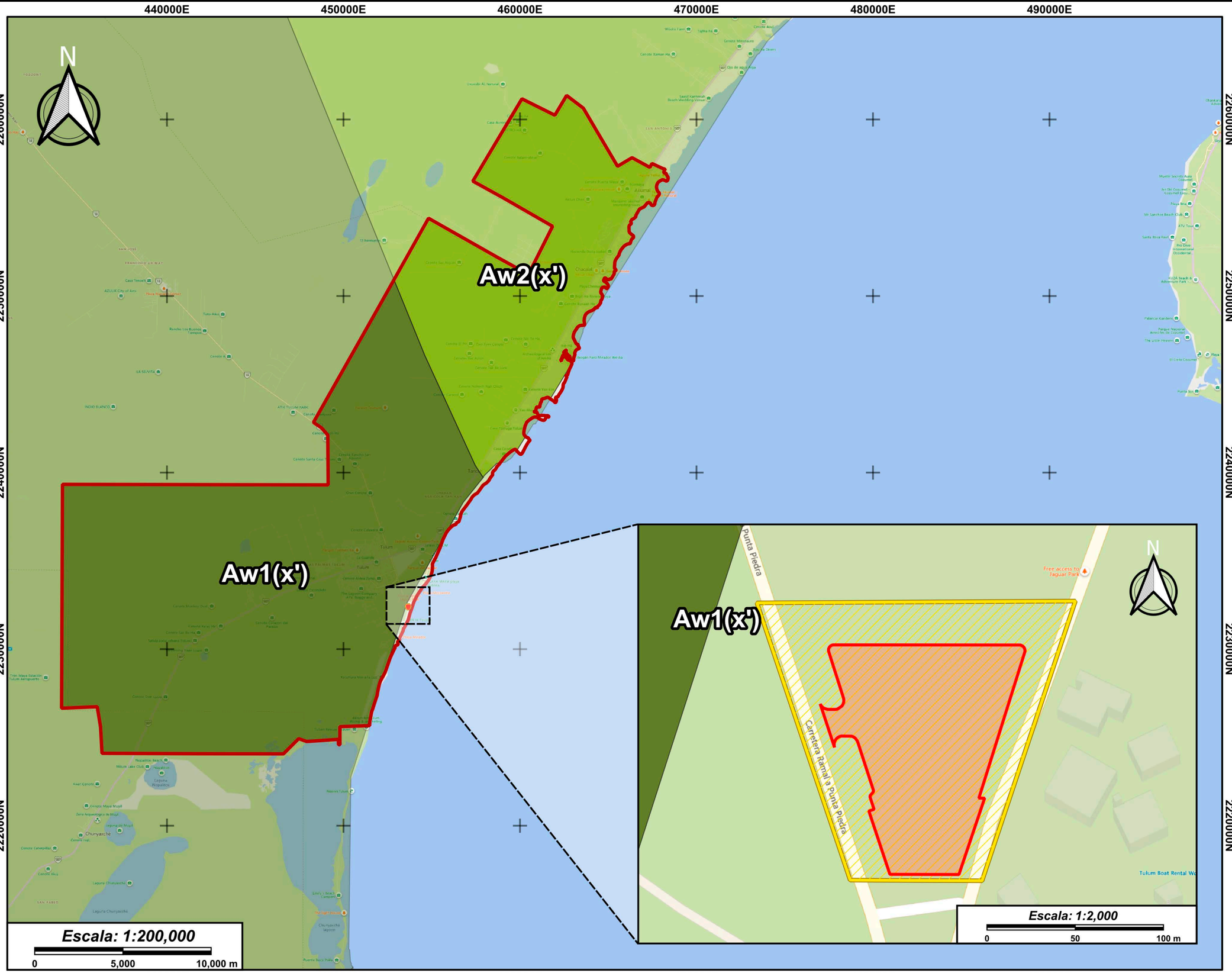
- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** CONAGUA (2024).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes




GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Climas

## Simbología

**Climas tipo**

- Aw1(x')
- Aw2(x')

**Información general**

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** CONABIO (2001).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

GRUPO Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Corredores bioclimáticos

## Simbología

### Corredores bioclimáticos

- -1 - 1
- 1 - 51
- 51 - 82
- 82 - 115
- 115 - 154
- 154 - 200

### Información general

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** CONABIO, CONANP y PNUD (2019).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E

2260000N 2250000N 2240000N 2230000N 2220000N

N

Escala: 1:200,000
0 5,000 10,000 m

Punta Piedra

Escala: 1:2,000
0 50 100 m

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

GRUPO Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Cuencas Hidrológicas

## Simbología

**Cuenca**

- CUENCAS CERRADAS
- QUINTANA ROO

**Información general**

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E

2260000N
2250000N
2240000N
2230000N
2220000N

QUINTANA ROO

CUENCAS CERRADAS

N

Escala: 1:200,000
0 5,000 10,000 m

Punta Piedra

Escala: 1:2,000
0 50 100 m

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** CONABIO (2001).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E

2260000N 2250000N 2240000N 2230000N 2220000N

N

Escala: 1:200,000

0 5,000 10,000 m

Escala: 1:2,000

0 50 100 m

Punta Piedra

Carretera Ramal a Punta Piedra

Free access to Jaguar Park

Tulum Boat Rental

GAFSACOMM

GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Degradación del suelo

## Simbología

### Grado de degradación

- Extremo
- Fuerte
- Moderado
- Ligero

### Información general

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** SEMARNAT (2012).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Edafología

## Simbología

### Tipo de suelo

- Arenosol (AR)
- Gleysol (GL)
- Histosol (HS)
- Leptosol (LP)
- Phaeozem (PH)
- Suelo cubierto por agua (SA)
- Solonchak (SC)
- Technosol (TC)

### Información general

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** INEGI (2024).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E
2260000N 2250000N 2240000N 2230000N 2220000N

Escala: 1:200,000
0 5,000 10,000 m

Escala: 1:2,000
0 50 100 m

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Erosión del suelo

## Simbología

**Tipo de erosión**

- Antrópica (A)
- Asentamientos Humanos (AH)
- Cuerpo de agua (H2O)
- Hídrica Laminar Leve (HL1)
- Sin Erosión aparente (SE)
- Zona Urbana (ZU)

**Información general**

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** INEGI (2013).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E

2260000N
2250000N
2240000N
2230000N
2220000N

N

Escala: 1:200,000
0 5,000 10,000 m

Escala: 1:2,000
0 50 100 m

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E

2260000N 2250000N 2240000N 2230000N 2220000N

N

Escala: 1:200,000
0 5,000 10,000 m

Escala: 1:2,000
0 50 100 m

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Geología (litología)

## Simbología

**Litología (tipo de roca)**

- Arenisca
- Caliza-Coquina
- Lagunar
- Litoral
- No aplicable

**Información general**

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** SGM (2015).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

435000E 450000E 465000E

2250000N

2235000N

N

FF-3-14 AH-3-4 CN-5-8 AH-3-10 FF-3-9 CN-5-7 AH-3-10 AN-5-5 TU-4-11 CN-5-8 FF-3-14 FF-3-1 AH-3-4 AN-5-5 FF-4-3

Escala: 1:150,000

0 7,500 15,000 m

GAFSACOMM GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

GRUPO Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular (MIA-P) para el proyecto :**

**"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"**

**Mapa:** Delimitación de la Región Ecológica (RE)

## Simbología

Proyecto

- **Región Ecológica (RE)**
- **Área de Proyecto (AP)**

**UGAs POET C-T**

- AH-3-10
- AH-3-4
- AN-5-5
- CN-4-2
- CN-5-7
- CN-5-8
- FF-3-1
- FF-3-14
- FF-3-9
- FF-4-3
- IF-3-6
- TU-4-11

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 150,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente. POEGT, 2012
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 25-10-2026
**Elabora:** Edgar Ramón Gómez Vega

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

## Mapa:

Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica

## Simbología

**Sitios de manglar**

- Sian Ka´an

**Información general**

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** CONABIO (2009).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E

2260000N 2250000N 2240000N 2230000N 2220000N

N

Sian Ka´an

Escala: 1:200,000
0 5,000 10,000 m

Escala: 1:2,000
0 50 100 m

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E

2260000N 2250000N 2240000N 2230000N 2220000N

N

Escala: 1:200,000

0 5,000 10,000 m

Escala: 1:2,000

0 50 100 m

GAFSACOMM

GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Microcuencas Hidrológicas

## Simbología

**Microcuenca**

- CHUMPON
- CIUDAD CHEMUYIL
- TULUM

**Información general**

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** FIRCO (2007).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E

2260000N 2250000N 2240000N 2230000N 2220000N

N

Escala: 1:200,000

0 5,000 10,000 m

Escala: 1:2,000

0 50 100 m

GAFSACOMM

GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**

Provincias y subprovincias fisiográficas

## Simbología

**Provincia fisiográfica**

- PENÍNSULA DE YUCATÁN

**Subprovincias fisiográficas**

- CARSO YUCATECO
- COSTA BAJA DE QUINTANA ROO
- N/A

**Información general**

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** INEGI (2001).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E

2260000N 2250000N 2240000N 2230000N 2220000N

N

Punta Piedra

Carretera Ramal a Punta Piedra

Free access to Jaguar Park

Tulum Boat Rental

Escala: 1:200,000

0 5,000 10,000 m

Escala: 1:2,000

0 50 100 m

GAFSACOMM

GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**

Sitios de Atención Prioritaria (SAP) para la conservación de la biodiversidad

## Simbología

**Prioridad**

- SAP media
- SAP alta
- SAP extrema

**Información general**

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




**Estados de Quintana Roo**

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** CONABIO (2016).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

453550E 453600E 453650E 453700E 453750E

2232500N 2232450N 2232400N 2232350N 2232300N

N

Free access to Jaguar Park

Carretera Ramal a Punta Piedra

4 2 3 1

Tulum

Escala: 1:800

0 25 50 m

GAFSACOMM

GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**

Sitios de muestreo de fauna silvestre en el Área del Proyecto (AP)

## Simbología

**Unidad de muestreo**

- Transecto de muestreo de fauna

**Información general**

- Área del Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

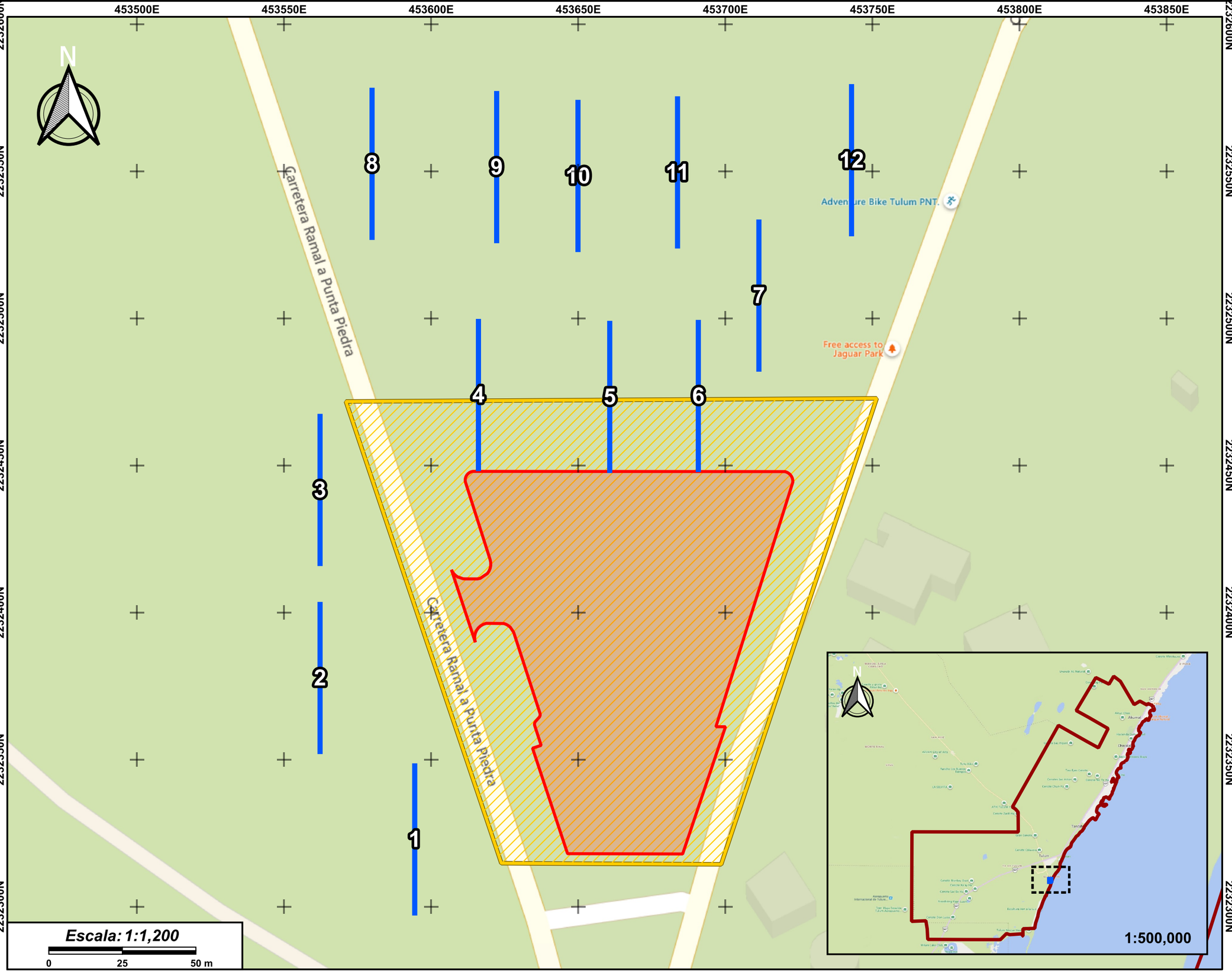
## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 800

**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes




GAFSACOMM

GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Sitios de muestreo de fauna silvestre en la Región Ecológica (RE)

## Simbología

**Unidad de muestreo**

- Transecto de muestreo de fauna

**Información general**

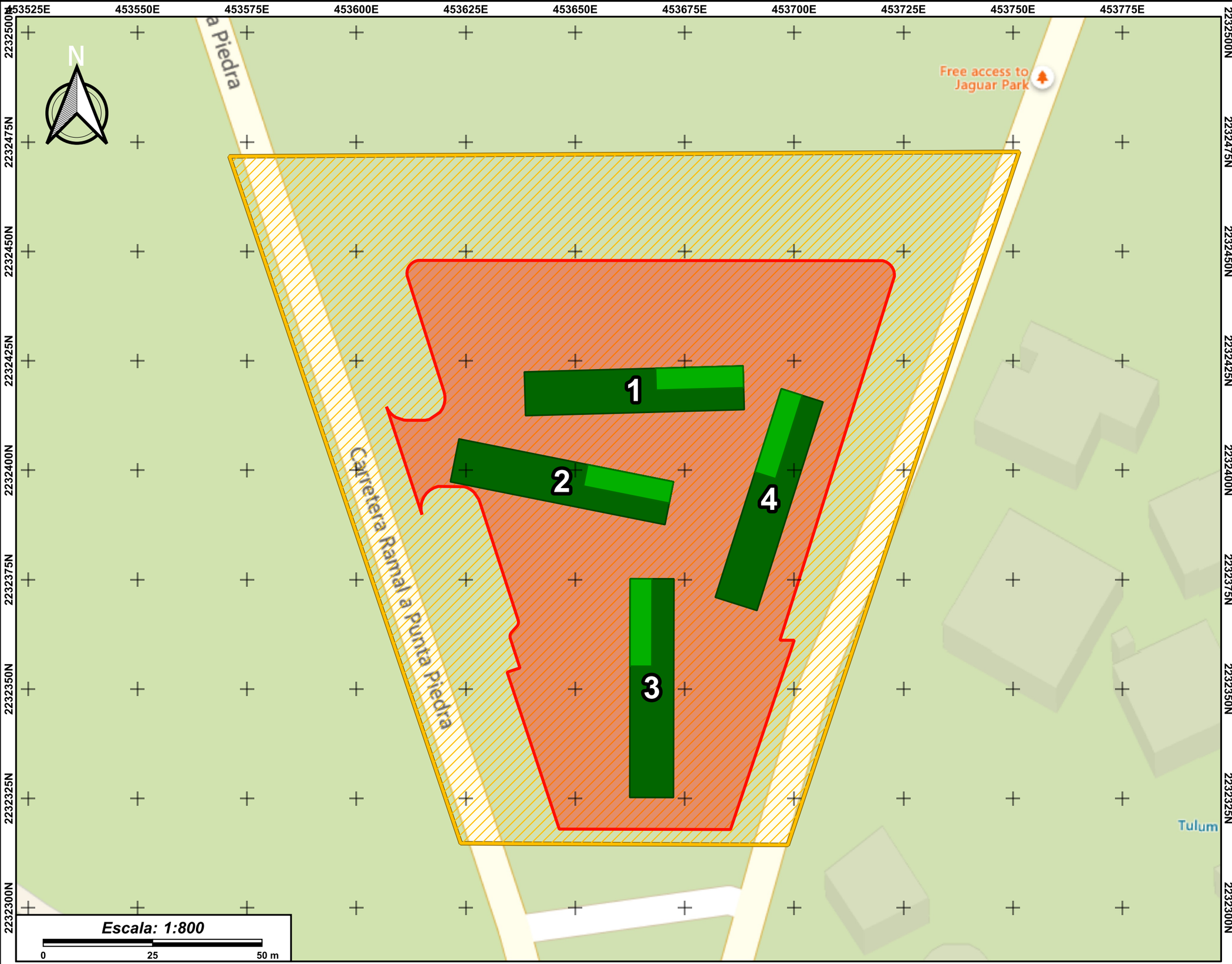
- Área del Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 1,200
**Micro Escala:** 500,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani Garcia Reyes




GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**

Sitios de muestreo de flora silvestre en el Área del Proyecto (AP)

## Simbología

**Transecto de muestreo**

- Arbóreo
- Arbustivo

**Información general**

- Área del Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular (MIA-P) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Sitios de muestreo de flora silvestre en la Región Ecológica (RE)

## Simbología

**Transecto de muestreo**

- Arbóreo
- Arbustivo

**Información general**

- Área del Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 1,200
**Micro Escala:** 500,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

453500E 453550E 453600E 453650E 453700E 453750E 453800E 453850E

2232600N 2232550N 2232500N 2232450N 2232400N 2232350N 2232300N

N

Carretera Ramal a Punta Piedra

Carretera Ramal a Punta Piedra

Free access to Jaguar Park

8 10 3 12 7 4 2 9 11 5 1 6

Escala: 1:1,200
0 25 50 m

1:500,000

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Sitios Prioritarios de Acuáticos y Epicontinentales (SPAE) para la conservación de la biodiversidad

## Simbología

**Prioridad**

- Media
- Alta
- Extrema

**Información general**

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** CONABIO y CONANP (2010).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E

2260000N 2250000N 2240000N 2230000N 2220000N

Escala: 1:200,000
0 5,000 10,000 m

Escala: 1:2,000
0 50 100 m

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Sitios Prioritarios Marinos (SPM) para la conservación de la biodiversidad

## Simbología

**Prioridad**

- Muy importante
- De extrema importancia

**Información general**

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** CONABIO, CONANP, TNC (2007).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E

2260000N
2250000N
2240000N
2230000N
2220000N

Rios Subterraneos y Caletas de Akumal - Tulum

Humedales Costeros y Arrecife de Sian Ka'an

Escala: 1:200,000
0 5,000 10,000 m

Punta Piedra
Carretera Ramal a Punta Piedra
Free access to Jaguar Park

Escala: 1:2,000
0 50 100 m

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E

2260000N 2250000N 2240000N 2230000N 2220000N

N

Escala: 1:200,000

0 5,000 10,000 m

Escala: 1:2,000

0 50 100 m

Punta Piedra

Carretera Ramal a Punta Piedra

Free access to Jaguar Park

Tulum Boat Rental

GAFSACOMM

GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**

Sitios Prioritarios para la conservación de Primates Mexicanos (SPP)

## Simbología

**Sitio de importancia**

- SPP

**Información general**

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** AMP y CONANP (2012).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Sitios Prioritarios para la Restauración (SPR)

## Simbología

**Prioridad**

- SPR media
- SPR alta
- SPR extrema

**Información general**

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** CONABIO (2016).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E
2260000N 2250000N 2240000N 2230000N 2220000N

Escala: 1:200,000
0 5,000 10,000 m

Escala: 1:2,000
0 50 100 m

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E

2260000N 2250000N 2240000N 2230000N 2220000N

N

Escala: 1:200,000

0 5,000 10,000 m

Escala: 1:2,000

0 50 100 m

Punta Piedra

Carretera Ramal a Punta Piedra

Free access to Jaguar Park

Tulum Boat Rental

GAFSACOMM

GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**

Sitios Prioritarios Terrestres (SPT) para la conservación de la biodiversidad

## Simbología

**Prioridad**

- Media
- Alta
- Extrema
- HUECO

**Información general**

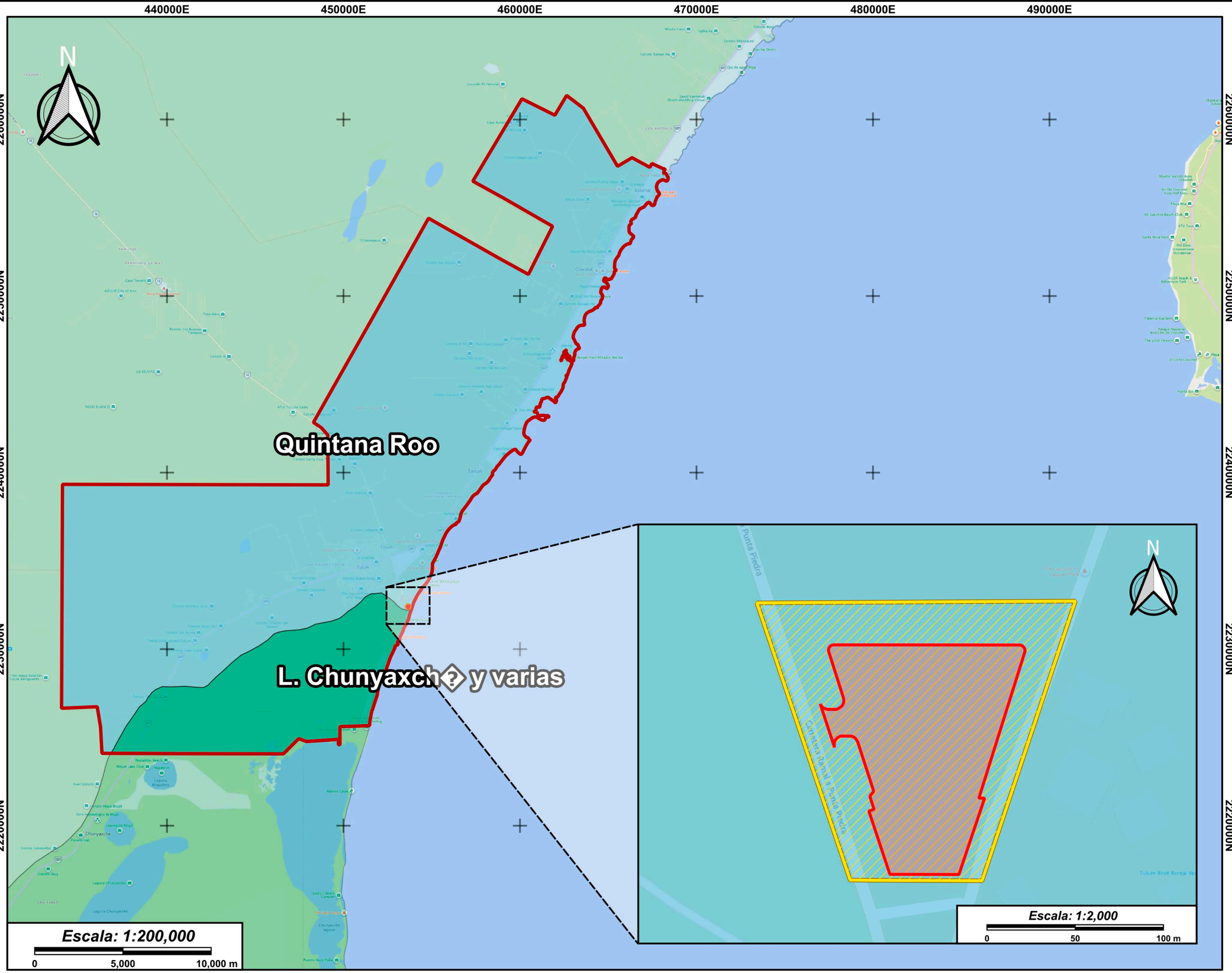
- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** CONABIO, CONANP, TNC y Pronatura (2007).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes




GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Subcuencas Hidrológicas

## Simbología

**Subcuencas**

- L. Chunyaxché y varias
- Quintana Roo

**Información general**

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** INEGI (2010).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E

2260000N 2250000N 2240000N 2230000N 2220000N

N

Escala: 1:200,000

0 5,000 10,000 m

Escala: 1:2,000

0 50 100 m

GAFSACOMM GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

GRUPO Mundo Maya

# Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Sistema de topoformas

## Simbología

**Topoforma**

- Llanura rocosa de piso rocoso o cementado
- N/A
- Playa o barra de piso rocoso o cementado
- Playa o barra inundable y salina

**Información general**

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** INEGI (2001).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Proyección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

453550E 453600E 453650E 453700E 453750E

2232500N 2232450N 2232400N 2232350N 2232300N

N

Free access to Jaguar Park

Carretera Ranal a Punta Piedra

1 2 3 4

Tulum

Escala: 1:800

0 25 50 m

GAFSACOMM GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Ubicación de trampas Sherman en el Área del Proyecto (AP)

## Simbología

**Unidad de muestreo**

- Trampa Sherman

**Información general**

- Área del Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 800

**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

453500E 453550E 453600E 453650E 453700E 453750E 453800E 453850E

2232600N 2232550N 2232500N 2232450N 2232400N 2232350N 2232300N

N

Carretera Ramal a Punta Piedra

Adventure Bike Tulum PNT.

Free access to Jaguar Park

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Escala: 1:1,200

0 25 50 m

1:500,000

GAFSACOMM

GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Ubicación de trampas Sherman en la Región Ecológica (RE)

## Simbología

**Unidad de muestreo**

- Trampa Sherman

**Información general**

- Área del Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 1,200
**Micro Escala:** 500,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani Garcia Reyes

453550E 453600E 453650E 453700E 453750E

2232500N 2232450N 2232400N 2232350N 2232300N

N

Free access to Jaguar Park

Carretera Ramal a Punta Piedra

4 3 2 1

Tulum

Escala: 1:800

0 25 50 m

GAFSACOMM

GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Ubicación de trampas Tomahawk en el Área del Proyecto (AP)

## Simbología

**Unidad de muestreo**

- Trampa tomahawk

**Información general**

- Área del Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 800

**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes

GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

GRUPO Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Ubicación de trampas Tomahawk en la Región Ecológica (RE)

## Simbología

**Unidad de muestreo**

- Trampa Tomahawk

**Información general**

- Área del Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 1,200
**Micro Escala:** 500,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** Elaboración propia.
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani Garcia Reyes

453500E 453550E 453600E 453650E 453700E 453750E 453800E 453850E

2232600N 2232550N 2232500N 2232450N 2232400N 2232350N 2232300N

N

Carretera Ramal a Punta Piedra

Tulum PNT.

Free access to Jaguar Park

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Escala: 1:1,200
0 25 50 m

1:500,000

440000E 450000E 460000E 470000E 480000E 490000E

2260000N 2250000N 2240000N 2230000N 2220000N

N

Escala: 1:200,000

0 5,000 10,000 m

Punta Piedra

N

Escala: 1:2,000

0 50 100 m

GAFSACOMM GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

GRUPO Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Uso de suelo y vegetación (serie VII)

## Simbología

**Cortado**

- DV
- ADV
- SBS
- SMQ
- VSA/SMQ
- VSa/SMQ
- VSh/SMQ
- VM
- VT
- H2O
- TA
- AH

**Información general**

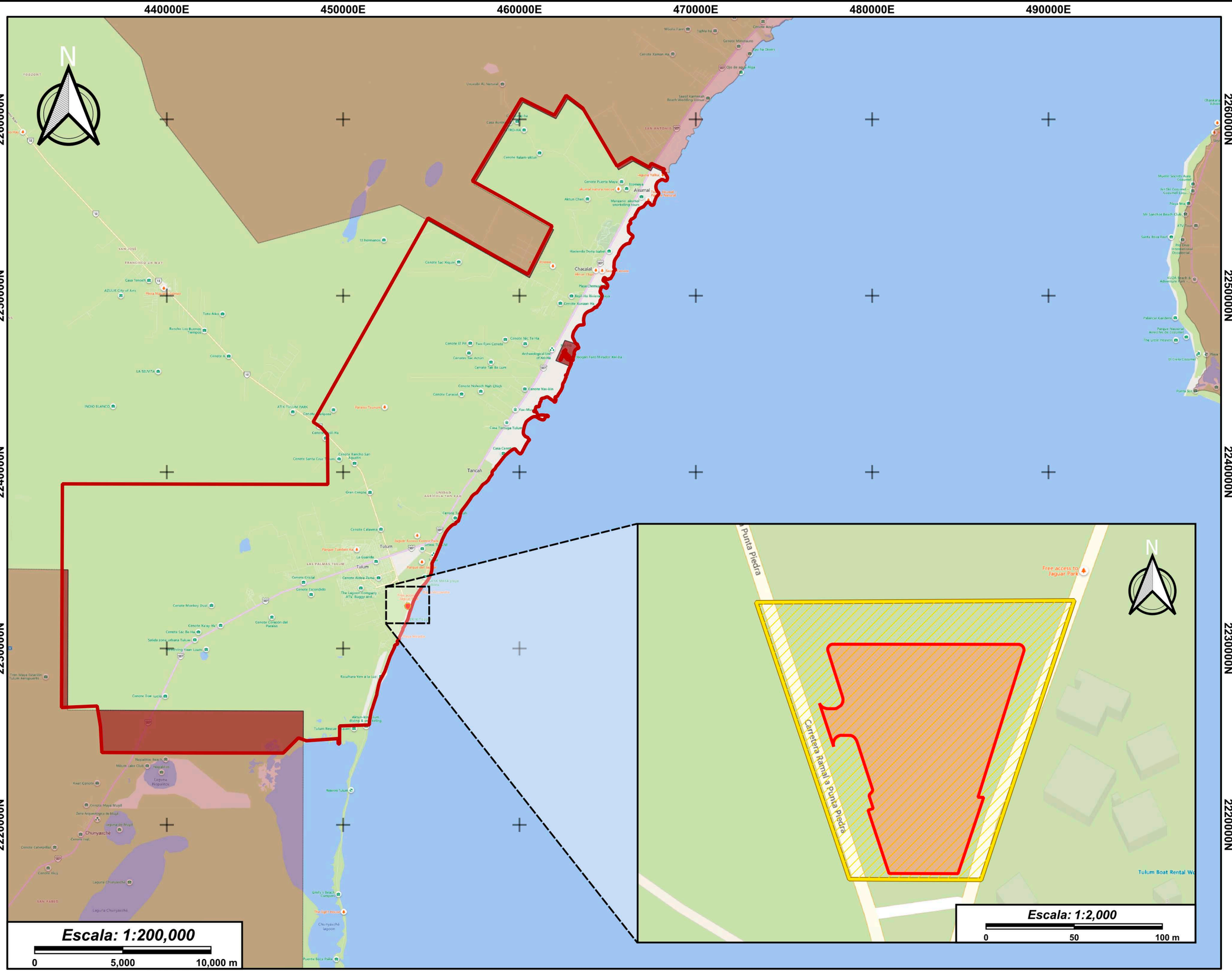
- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** INEGI (2024).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes




GAFSACOMM
GRUPO AEROPORTUARIO, FERROVIARIO, DE SERVICIOS AUXILIARES Y CONEXOS, OLMECA-MAYA-MEXICA, S.A. DE C.V.

Grupo Mundo Maya

**Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) para el proyecto :**

"TRABAJOS PARA EL MEJORAMIENTO OPERATIVO DEL PARQUE DEL JAGUAR, TULUM, QUINTANA ROO (ESTACIONAMIENTO)"

**Mapa:**
Vulnerabilidad ante el cambio climático

## Simbología

### Nivel de priorización

- Primer Nivel de Priorización
- Segundo Nivel de Priorización
- Tercer Nivel de Priorización

### Información general

- Área de Proyecto (AP)
- Área de Influencia (AI)
- Región Ecológica (RE)

## Ubicación




Estados de Quintana Roo

**Macro Escala:** 200,000
**Micro Escala:** 2,000
**Datos vectoriales:** Información vectorial proporcionada por el promovente.
**Mapa base:** Mapa de Google en formato Terrain (2026)
**Fuente:** INECC (2023).
**Coordinate System:** WGS84 1984 UTM 32616 Zone 16
**Projección:** Universal Transverse Mercator (UTM)
**Datum:** WGS 1984
**Fecha de elaboración:** 29-10-2026
**Elabora:** Giovani García Reyes



# Trabajos para el mejoramiento operativo del Parque del Jaguar, Tulum, Q. Roo.

Octubre 2026

2026 año de Margarita Maza

# Índice



A. Croquis de ubicación.
B. Proceso constructivo.
C. Proyecto arquitectónico.
D. Renders.



# A. Croquis de ubicación.

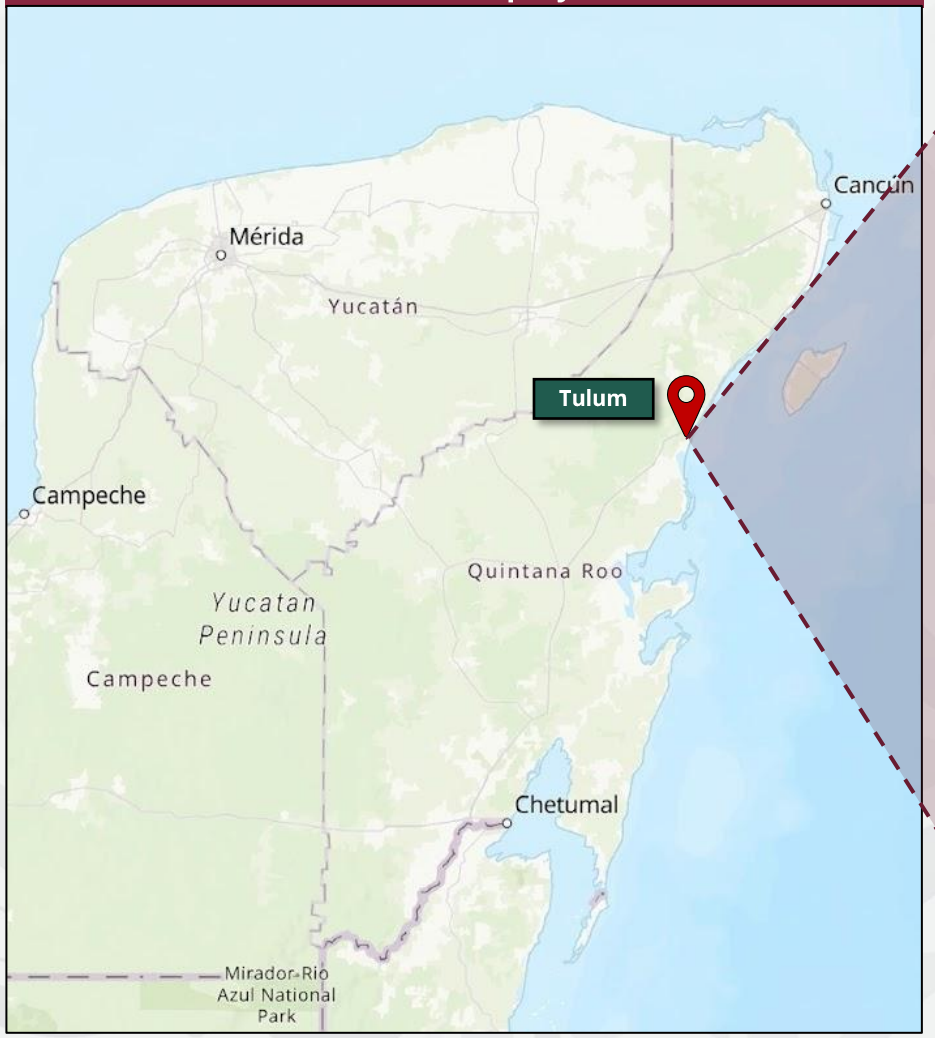
2026
año de
Margarita
Maza

# Trabajos para el mejoramiento operativo del Parque del Jaguar, Tulum, Q. Roo.

**Croquis de ubicación.**

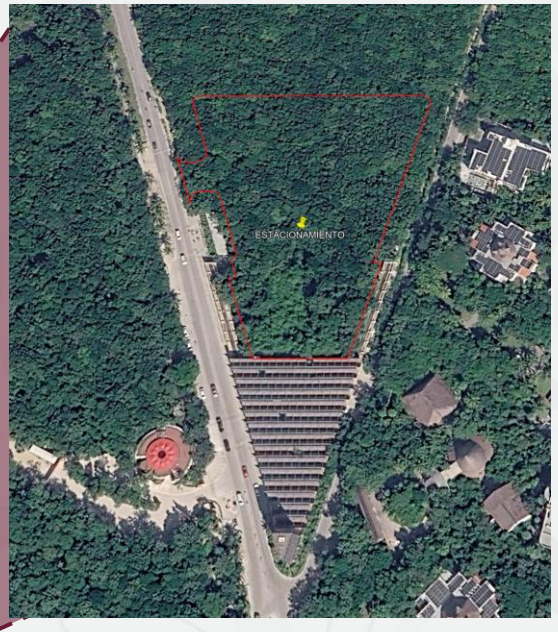
Gobierno de México | Defensa
Secretaría de la Defensa Nacional

## Ubicación del proyecto




## Conjunto Parque del Jaguar





# B. Proceso constructivo.

2026 año de Margarita Maza

# Proceso constructivo
## Construcción de estacionamiento

**El proyecto contempla la habilitación y construcción de un estacionamiento con una superficie aproximada de 10,000 m², incluyendo trabajos preliminares de prospección arqueológica y ambiental, protección y manejo de flora y fauna, preparación del terreno, construcción de terracerías, conformación de superficies de circulación, ejecución de obras complementarias e instalación de cubiertas mediante estructura metálica con paneles fotovoltaicos.**

**Las actividades se desarrollarán de manera programada y delimitada, conforme a los resultados de los estudios preliminares, las características del sitio y las autorizaciones aplicables. Se utilizará maquinaria para los trabajos de movimiento de tierras y compactación, así como herramienta y equipo menor para las actividades complementarias y de montaje, procurando limitar las intervenciones a la superficie autorizada para el proyecto.**

**1. Estudios preliminares y prospección arqueológica y ambiental.**

Previo al inicio de las obras, se realizará una prospección arqueológica y ambiental en el área prevista para la construcción del estacionamiento, con la finalidad de identificar posibles vestigios arqueológicos, reconocer las condiciones existentes del terreno y elaborar un inventario de los elementos ambientales presentes.

**2. Rescate y manejo de fauna silvestre.**

Previo al inicio de los trabajos de desmonte y preparación del terreno, se realizará un reconocimiento del área para identificar la presencia de fauna silvestre y determinar las acciones necesarias para su protección.

**3. Inventario, rescate y reubicación de flora.**

Se efectuará un levantamiento de la vegetación existente dentro del área de intervención, identificando las especies presentes, su ubicación y sus características relevantes, con especial atención a las especies endémicas, protegidas o de importancia ecológica.

**4. Delimitación y preparación del área de trabajo.**

Una vez concluidos los trabajos preliminares y atendidas las medidas de protección ambiental y arqueológica correspondientes, se procederá a delimitar físicamente la superficie destinada al estacionamiento, cuya extensión aproximada será de 10,000 $m^2$.

**5. Desmonte y despalme.**

En los sectores autorizados se realizarán los trabajos de desmonte, consistentes en el retiro de la vegetación que interfiera con la construcción, una vez concluidas las acciones de rescate y manejo de flora y fauna que correspondan.

**6. Construcción de terracerías y conformación de la estructura del estacionamiento.**

Una vez preparada la superficie de desplante, se procederá a la conformación de las terracerías mediante la colocación, distribución, nivelación y compactación de los materiales especificados para la estructura del estacionamiento.

**6.1. Formación de la capa de pedraplén.**

Cuando las condiciones del terreno y el proyecto estructural lo requieran, se colocará material pétreo para conformar la capa de pedraplén. El material se extenderá y acomodará con maquinaria apropiada, procurando obtener una superficie estable y uniforme. Su espesor y características se ajustarán a las especificaciones del proyecto.

**6.2. Formación de la capa subrasante.**

Sobre la superficie previamente preparada se conformará la capa subrasante, utilizando material con las características establecidas en el proyecto. El material será extendido, humedecido cuando sea necesario, nivelado y compactado hasta alcanzar los niveles y condiciones de soporte especificados.

**6.3. Colocación de material de sascab.**

Se colocará el material de sascab en la capa que determine el diseño de pavimentos, mediante extendido, nivelación y compactación. Su función y espesor se establecerán conforme a las especificaciones técnicas del proyecto.

**6.4. Formación de la base hidráulica.**

Se suministrará y extenderá el material de base hidráulica sobre la capa previamente aprobada. Posteriormente se realizará su conformación, ajuste de humedad y compactación, verificando que cumpla con los espesores, niveles y requisitos de calidad establecidos.

**Nota:** La ejecución de las capas se realizará de manera secuencial, verificando la compactación y las condiciones de cada estrato antes de colocar el siguiente. La maquinaria se limitará a los equipos necesarios para el movimiento, extendido y compactación de los materiales.

La disposición definitiva de las capas, así como sus espesores y características, se sujetará al proyecto de terracerías y pavimentos aprobado.

**7. Construcción de banquetas, guarniciones y jardineras.**

Una vez conformadas las superficies correspondientes, se ejecutarán las obras complementarias para delimitar las áreas de circulación y estacionamiento.

Las guarniciones se construirán en los tramos definidos en el proyecto, mediante el trazo, preparación de la base, colocación de cimbra cuando corresponda y elaboración o colocación del elemento especificado. Las banquetas se ejecutarán mediante la preparación y nivelación de la superficie de apoyo y la colocación del material previsto en el proyecto.

**8. Construcción e instalación de cubiertas con estructura metálica.**

Se contempla la instalación de cubiertas para el estacionamiento mediante estructuras metálicas conformadas por perfiles HSS, PTR y vigas tipo I, de acuerdo con las dimensiones, claros y especificaciones establecidas en el proyecto estructural.

Las cimentaciones se construirán conforme a los detalles del proyecto, incluyendo la colocación de acero de refuerzo, cimbra y concreto cuando corresponda, así como la instalación de placas y pernos de anclaje. Los trabajos de excavación se limitarán a las áreas estrictamente necesarias para alojar dichos elementos.

**9. Instalación de paneles fotovoltáicos.**

Sobre las cubiertas metálicas se instalarán los paneles fotovoltaicos mediante los sistemas de soporte y fijación compatibles con la estructura proyectada.



# B. Proyecto aquitectónico.

2026 año de Margarita Maza

# Planta arquitectónica.




Planta Arquitectónica de Conjunto

Superficie 10 000 $m^2$

Área verde de preservación 1 335.00 $m^2$
Estacionamiento 8 665.00 $m^2$

Cajones estándar (5.50 x 2.75m).....146
Cajones para personas con movilidad reducida (5.50 x 2.75m).....7
Cajones para autobuses (14.00 x 3.00m).....5
Total.....158

Cajones considerados con cubierta con paneles fotovoltaicos.....75

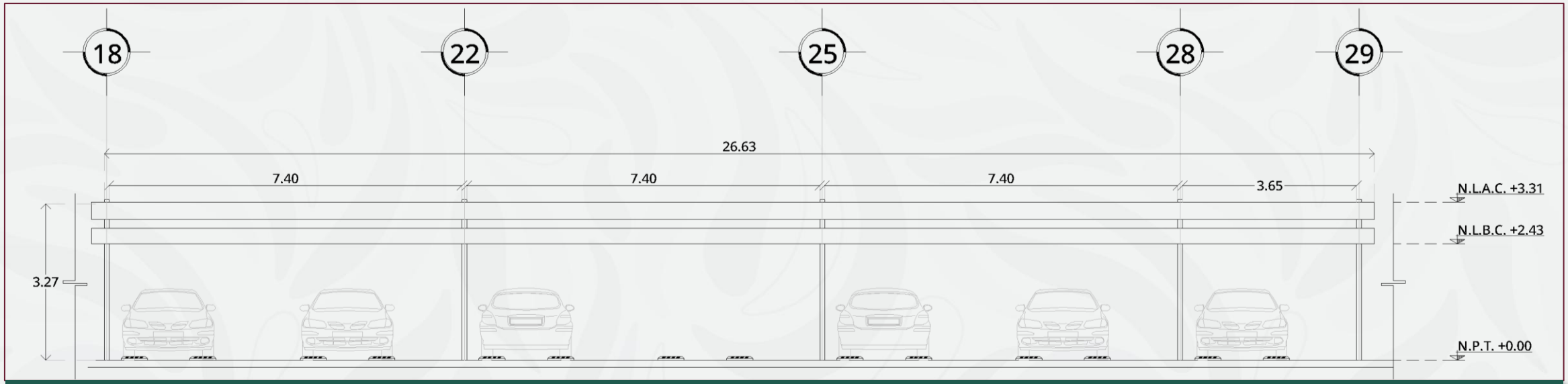
# Planta arquitectónica.



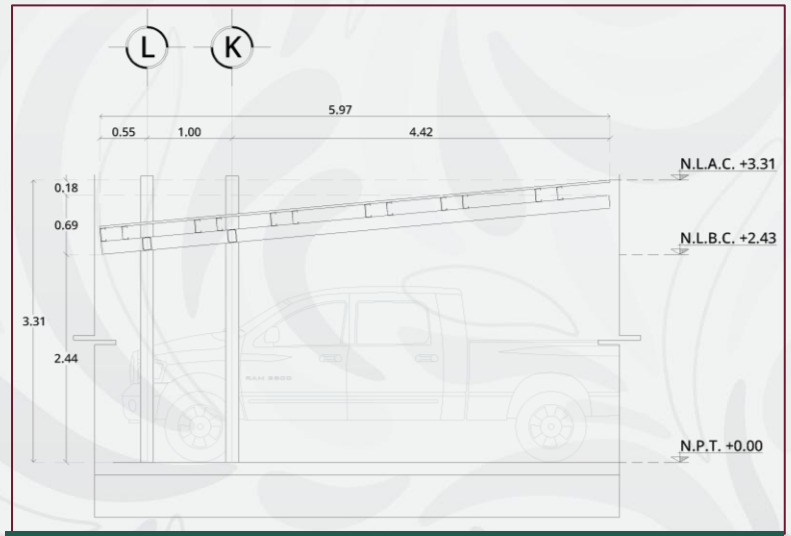

Planta Arquitectónica

| Simbología | |
|---|---|
| | Cajones estándar (5.50 x 2.75 m2) |
| | Cajones para personas con movilidad reducida (5.50 x 3.80 m2) |
| | Cajones para autobuses (14.00 x 3.00) |
| | Cajones con cubierta de paneles fotovoltaicos |

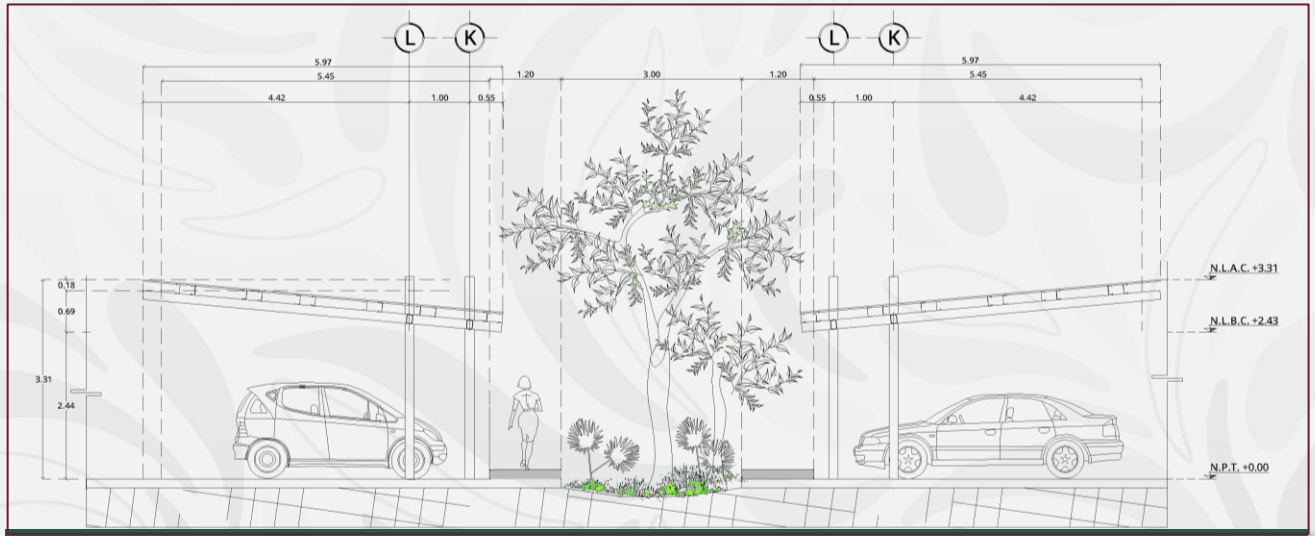
# Cortes arquitectónicos.




Corte Sección A-A´




Corte Sección B-B´




Corte Sección C-C´



# D. Renders

2026
año de
Margarita
Maza

# Renders de Estacionamiento





Vista norte - superior central

# Renders de Estacionamiento





Vista superior en escuadra.

# Renders de Estacionamiento





Vista superior en escuadra.

# Renders de Estacionamiento





Vista superior en escuadra.

# TITAN

## HIGH PERFORMANCE MONOCRYSTALLINE PERC MODULE

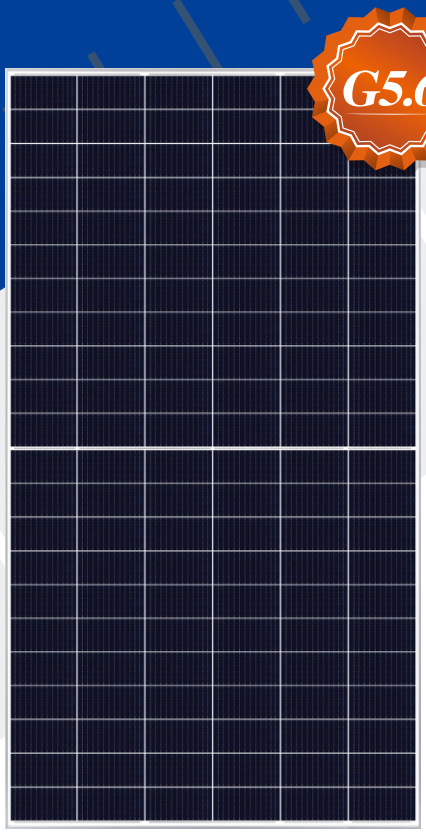
## RSM132-8-655M-675M

**132 CELL**
Mono PERC Module

**655-675Wp**
Power Output Range

**1500VDC**
Maximum System Voltage

**21.7%**
Maximum Efficiency




ISO9001
ISO14001
ISO45001
IEC62941

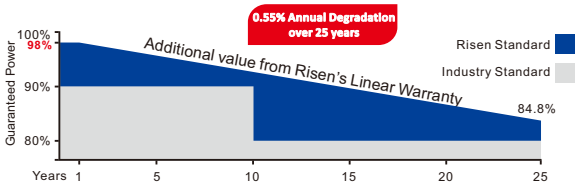
★ As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Risen Energy sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

## KEY SALIENT FEATURES

- Global, Tier 1 bankable brand, with independently certified state-of-the-art automated manufacturing
- Industry leading lowest thermal co-efficient of power
- Industry leading 12 years product warranty
- Excellent low irradiance performance
- Excellent PID resistance
- Positive power tolerance of 0~+3%
- Dual stage 100% EL Inspection warranting defect-free product
- Module Imp binning radically reduces string mismatch losses
- Excellent wind load 2400Pa & snow load 5400Pa under certain installation method
- Comprehensive product and system certification
  - IEC61215:2016; IEC61730-1/-2:2016;
  - ISO 9001:2015 Quality Management System
  - ISO 14001:2015 Environmental Management System
  - ISO 45001:2018 Occupational Health and Safety Management System

## LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

**12 year Product Warranty / 25 year Linear Power Warranty**




★ Please check the valid version of Limited Product Warranty which is officially released by Risen Energy Co., Ltd

### RISEN ENERGY CO., LTD.

Risen Energy is a leading, global tier 1 manufacturer of high-performance solar photovoltaic products and provider of total business solutions for residential, commercial and utility-scale power generation. The company, founded in 1986, and publicly listed in 2010, compels value generation for its chosen global customers. Techno-commercial innovation, underpinned by consummate quality and support, encircle Risen Energy's total Solar PV business solutions which are among the most powerful and cost-effective in the industry. With local market presence and strong financial bankability status, we are committed, and able, to building strategic, mutually beneficial collaborations with our partners, as together we capitalise on the rising value of green energy.

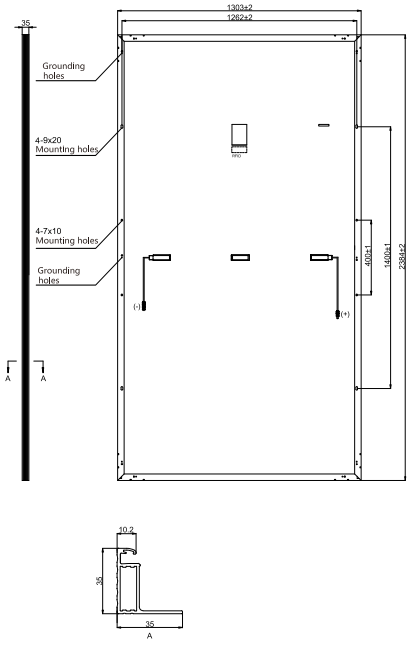
Tashan Industry Zone, Meilin, Ninghai 315609,Ningbo | PRC
Tel: +86-574-59953239 Fax: +86-574-59953599
E-mail: marketing@risenenergy.com Website: www.risenenergy.com

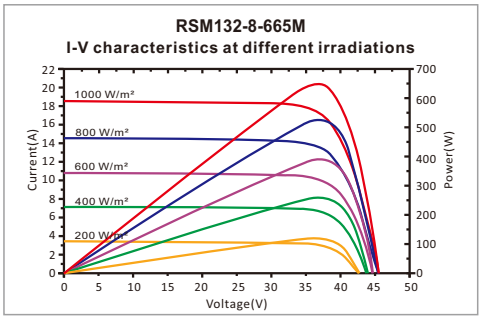
risen

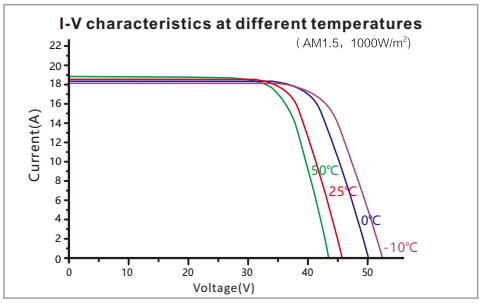
*THE POWER OF RISING VALUE*

## Dimensions of PV Module

Unit: mm




**Our Partners:**

## ELECTRICAL DATA (STC)

| Model Number | RSM132-8-655M | RSM132-8-660M | RSM132-8-665M | RSM132-8-670M | RSM132-8-675M |
|---|---|---|---|---|---|
| Rated Power in Watts-Pmax(Wp) | **655** | **660** | **665** | **670** | **675** |
| Open Circuit Voltage-Voc(V) | 45.55 | 45.75 | 45.95 | 46.15 | 46.35 |
| Short Circuit Current-Isc(A) | 18.28 | 18.33 | 18.38 | 18.43 | 18.48 |
| Maximum Power Voltage-Vmpp(V) | 37.94 | 38.12 | 38.30 | 38.48 | 38.66 |
| Maximum Power Current-Impp(A) | 17.27 | 17.32 | 17.37 | 17.42 | 17.47 |
| Module Efficiency (%) ★ | 21.1 | 21.2 | 21.4 | 21.6 | 21.7 |

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.
★ Module Efficiency (%): Round-off to the nearest number

## ELECTRICAL DATA (NMOT)

| Model Number | RSM132-8-655M | RSM132-8-660M | RSM132-8-665M | RSM132-8-670M | RSM132-8-675M |
|---|---|---|---|---|---|
| Maximum Power-Pmax (Wp) | 496.2 | 500.0 | 503.8 | 507.6 | 511.5 |
| Open Circuit Voltage-Voc (V) | 42.36 | 42.55 | 42.73 | 42.92 | 43.10 |
| Short Circuit Current-Isc (A) | 14.99 | 15.03 | 15.07 | 15.11 | 15.15 |
| Maximum Power Voltage-Vmpp (V) | 35.21 | 35.38 | 35.54 | 35.71 | 35.88 |
| Maximum Power Current-Impp (A) | 14.09 | 14.13 | 14.17 | 14.21 | 14.25 |

NMOT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

## MECHANICAL DATA

| | |
|---|---|
| Solar cells | Monocrystalline |
| Cell configuration | 132 cells (6×11+6×11) |
| Module dimensions | 2384×1303×35mm |
| Weight | 33.5kg |
| Superstrate | High Transmission, Low Iron, Tempered ARC Glass |
| Substrate | White Back-sheet |
| Frame | Anodized Aluminium Alloy, Silver Color |
| J-Box | Potted, IP68, 1500VDC, 3 Schottky bypass diodes |
| Cables | 4.0mm² , Positive(+)350mm, Negative(-)230mm (Connector Included ) |
| Connector | Risen Twinsel PV-SY02, IP68 |

## TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

| | |
|---|---|
| Nominal Module Operating Temperature (NMOT) | 44°C±2°C |
| Temperature Coefficient of Voc | -0.25%/°C |
| Temperature Coefficient of Isc | 0.04%/°C |
| Temperature Coefficient of Pmax | -0.34%/°C |
| Operational Temperature | -40°C~+85°C |
| Maximum System Voltage | 1500VDC |
| Max Series Fuse Rating | 30A |
| Limiting Reverse Current | 30A |

## PACKAGING CONFIGURATION

| | 40ft(HQ) |
|---|---|
| Number of modules per container | 558 |
| Number of modules per pallet | 31 |
| Number of pallets per container | 18 |
| Packaging box dimensions (LxWxH) in mm | 1320×1120×2515 |
| Box gross weight[kg] | 1065 |

CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.

©2023 Risen Energy. All rights reserved. Contents included in this datasheet are subject to change without notice.
No special undertaking or warranty for the suitability of special purpose or being installed in extraordinary surroundings is granted unless as otherwise specifically committed by manufacturer in contract document.

THE POWER OF RISING VALUE