MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

EL CONTENIDO DE ESTE ARCHIVO NO PODRÁ SER ALTERADO O MODIFICADO TOTAL O PARCIALMENTE, TODA VEZ QUE PUEDE CONSTITUIR EL DELITO DE FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD CON EL ARTÍCULO 244, FRACCIÓN III DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL, QUE PUEDE DAR LUGAR A UNA SANCIÓN DE **PENA PRIVATIVA DE LA LIBERTAD** DE SEIS MESES A CINCO AÑOS Y DE CIENTO OCHENTA A TRESCIENTOS SESENTA DÍAS MULTA.

DIRECION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL



MANIFESTACIÓN AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL DEL PROYECTO PARQUE FOTOVOLTAICO TIKINMUL

Capítulo I: Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental

AIS SONORA
ANÁLISIS, INFORMACIÓN Y SERVICIOS

Índice de Contenido

1. CAPÍTULO I: DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 2
1.1. PROYECTO 2
1.1.1. Nombre del proyecto 2
1.1.2. Ubicación del proyecto 2
1.1.3. Tiempo de vida útil del proyecto 3
1.2. PROMOVENTE 3
1.2.1. Nombre o razón social 3
1.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente 4
1.2.3. Nombre y cargo del representante legal 4
1.2.4. Dirección del promovente o de su representante legal 4
1.2.5. Presentación de la documentación legal 4
1.3. RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 4
1.3.1. Nombre o Razón Social 4
1.3.2. Registro Federal de Contribuyentes o CURP 4
1.3.3. Nombre del responsable técnico del estudio 5
1.3.4. CURP, RFC y cédula profesional del responsable técnico del estudio 5
1.3.5. Participantes en la elaboración del estudio 5

1. Capítulo I: Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental

1.1. Proyecto

1.1.1. Nombre del proyecto

Parque Fotovoltaico Tikinmul.

1.1.2. Ubicación del proyecto

Descripción y Localización del Proyecto:

El proyecto consiste en el aprovechamiento de un predio de propiedad privada con una superficie aproximada de 323 hectáreas.

Contexto Geográfico Regional:

El predio se localiza en la región del Sureste Mexicano, específicamente dentro de la Península de Yucatán.

Ubicación Político-Administrativa y Accesos:

- Municipio: San Francisco de Campeche, Campeche.
- Distancia a Campeche capital: Aproximadamente 23 km en línea recta en dirección sureste.
- Acceso desde Campeche: La ruta principal por carretera tiene una longitud de 37.4 km, partiendo desde el aeropuerto de la ciudad, con un tiempo de recorrido estimado de 34 minutos bajo condiciones de tráfico normales.
- Acceso desde Mérida, Yucatán: La distancia es de 167 km, con un tiempo de recorrido superior a dos horas, utilizando la autopista federal 180 como vía de acceso principal.

La localización específica del polígono se detalla en el mapa anexo denominado "LOCALIZACIÓN DE PROYECTO".



1.1.3. Tiempo de vida útil del proyecto

La fase operativa del proyecto de la planta fotovoltaica tiene un período de vida útil estimado en 30 años. Este ciclo de vida proyectado constituye un parámetro fundamental para los análisis de rentabilidad, la planificación del mantenimiento de la infraestructura, la evaluación del retorno de la inversión y la cuantificación de los beneficios energéticos y ambientales a largo plazo.

La estimación de este plazo se basa en las especificaciones técnicas de los componentes principales, como los módulos fotovoltaicos y los inversores, cuyas curvas de degradación de rendimiento están estandarizadas en la industria. Asimismo, este horizonte temporal define el marco para los compromisos de gestión, las estrategias de reposición de equipos y la planificación del desmantelamiento o reconversión de las instalaciones al finalizar su ciclo operativo.

1.2. Promovente

1.2.1. Nombre o razón social

[redacted]

1.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente

[redacted]

1.2.3. Nombre y cargo del representante legal

[redacted].

1.2.4. Dirección del promovente o de su representante legal

[redacted]

1.2.5. Presentación de la documentación legal

[redacted]

1.3. Responsable del estudio de impacto ambiental

1.3.1. Nombre o Razón Social

[redacted]

1.3.2. Registro Federal de Contribuyentes o CURP

[redacted]

1.3.3. Nombre del responsable técnico del estudio

[redacted]

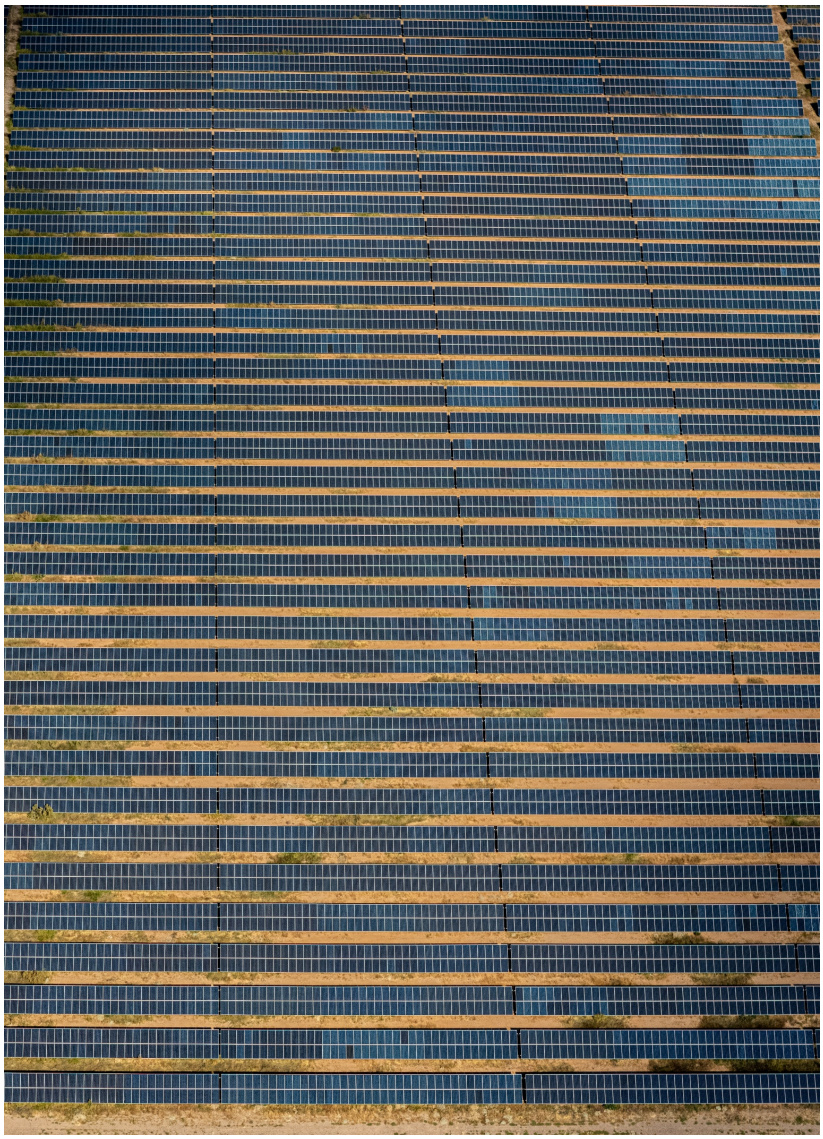
1.3.4. CURP, RFC y cédula profesional del responsable técnico del estudio

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

1.3.5. Participantes en la elaboración del estudio

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

- [redacted]



MANIFESTACIÓN AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL DEL PROYECTO PARQUE FOTOVOLTAICO TIKINMUL

Capítulo II: Descripción general del proyecto

AIS SONORA
ANÁLISIS, INFORMACIÓN Y SERVICIOS

Índice de Contenido

2. CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO ---------- 3

2.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO ---------- 3

2.1.1. Naturaleza del proyecto ----------3
2.1.2. Selección del sitio ----------5
2.1.3. Ubicación física del proyecto y planos de localización ----------7
2.1.4. Inversión requerida ----------9
2.1.5. Dimensiones del proyecto ----------9
2.1.6. Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias ---------- 10
2.1.7. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos ---------- 11

2.2. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO ---------- 11

2.2.1. Programa general de trabajo ---------- 11
2.2.2. Preparación del sitio ---------- 13
2.2.3. Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto ---------- 14
2.2.4. Etapa de construcción ---------- 15
2.2.5. Etapa de operación y mantenimiento ---------- 17
2.2.6. Descripción de obras asociadas al proyecto ---------- 18
2.2.7. Etapa de abandono del sitio ---------- 19
2.2.8. Utilización de explosivos ---------- 20
2.2.9. Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera ---------- 20
2.2.10. Infraestructura adecuada para el manejo y disposición adecuada de los residuos 22

Índice de Figuras

Figura 1. Vista general de una Central Fotovoltaica..... 3
Figura 2. Esquema del funcionamiento típico de una central fotovoltaica. 5
Figura 3. Mapa de localización del proyecto. 8
Figura 4. Vista oblicua de modelo 3D del área del proyecto (AIS Sonora). 10
Figura 5. Fotografía de agua estancada en el dren en la poción sur del predio..... 11
Figura 6. Plano de distribución de zonas de trabajo durante el proceso constructivo..... 19

2. Capítulo II: Descripción general del proyecto

2.1. Información general del proyecto

La presente manifestación de impacto ambiental en modalidad regional (MIA-R) se genera para el desarrollo del proyecto "Central Fotovoltaica Tikinmul", con una potencia nominal de 170 MW en corriente alterna (CA), a ubicarse en el Estado de Campeche.

La central contará con una capacidad pico instalada de 207 MWp en corriente continua (CC), proyectando una producción energética anual mínima de 500.43 GWh. Esta infraestructura de generación tendrá como finalidad inyectar energía al Sistema Eléctrico Nacional, contribuyendo al suministro del mismo.



Figura 1. Vista general de una Central Fotovoltaica.

2.1.1. Naturaleza del proyecto

Una central fotovoltaica es una instalación de generación eléctrica que transforma la energía de la radiación solar en energía eléctrica, utilizando como dispositivo de conversión primario módulos fotovoltaicos.

Los componentes principales que constituyen este tipo de centrales son:

- Módulos fotovoltaicos.
- Estructuras de soporte, de configuración fija o con seguidores de un eje o dos ejes.
- Inversores.
- Sistemas de almacenamiento de energía (su implementación está sujeta a las características de la ubicación).
- Transformador elevador principal.
- Sistema de control y supervisión.

Los módulos fotovoltaicos se interconectan en configuraciones serie-paralelo para formar strings, los cuales se agrupan eléctricamente en cajas de combinación. Este conjunto, montado sobre las estructuras de soporte, conforma el generador fotovoltaico. Dicho generador produce energía en corriente continua (CC), la cual es canalizada mediante un sistema de agrupación de circuitos hacia los inversores. En estos equipos, la corriente continua se convierte en corriente alterna (CA). Posteriormente, a través de un transformador y los equipos de maniobra y protección asociados (como celdas de media tensión, interruptores y seccionadores), la tensión se eleva a los niveles requeridos para la inyección en el sistema de interconexión eléctrica.

Dada la variabilidad inherente de la irradiancia solar, tanto diurna como estacional, se ha hecho necesario en el contexto mexicano equipar a las centrales fotovoltaicas con componentes auxiliares. Entre estos destacan los sistemas de almacenamiento de energía y los condensadores síncronos, cuya función es aportar estabilidad y respaldo, contribuyendo así a la confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional.

La operación de una central fotovoltaica es predominantemente automatizada, sustentada en equipos de tecnología probada y disponibilidad comercial. En consecuencia, no requiere de mantenimientos de gran envergadura ni de una extensa dotación de personal para su operación continua. Las actividades de mantenimiento se centran esencialmente en la limpieza periódica de la superficie de los módulos, la revisión y ajuste de conexiones eléctricas, y el mantenimiento mecánico de los sistemas de seguimiento (que incluye labores de alineación y lubricación).

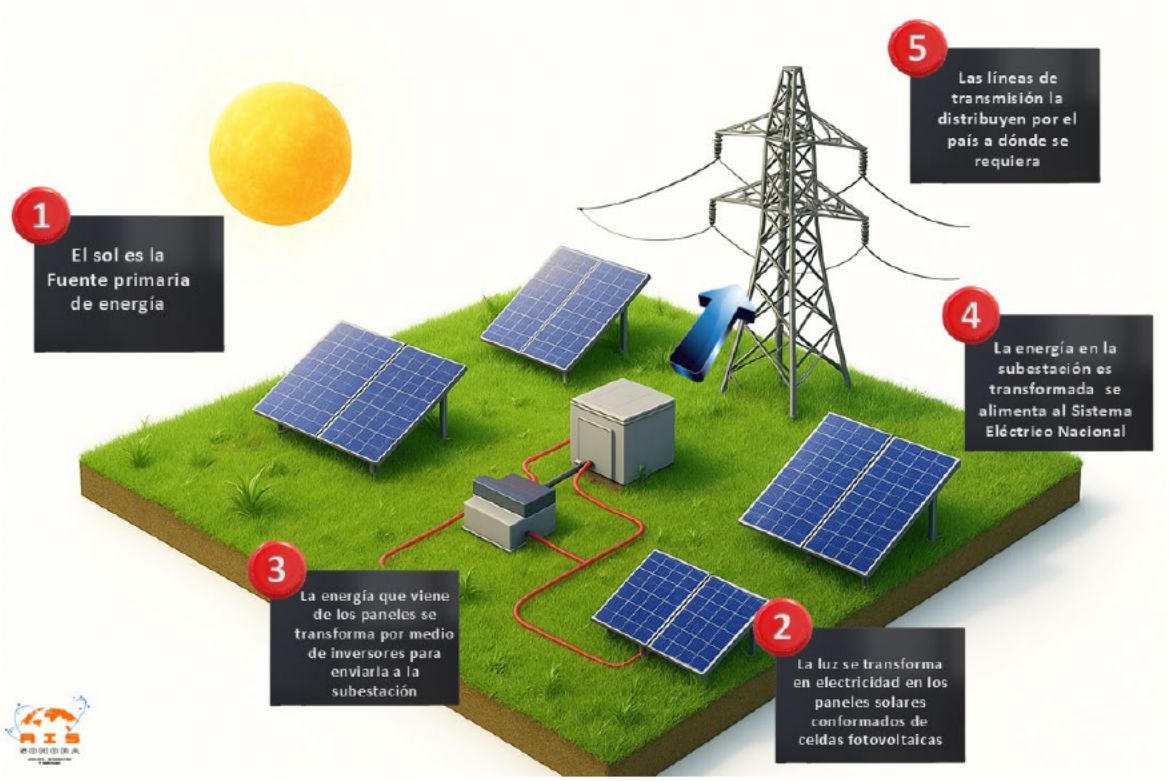


Figura 2. Esquema del funcionamiento típico de una central fotovoltaica.

2.1.2. Selección del sitio

Para la selección de sitio del desarrollo del proyecto se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones técnicas:

- Que se localice en el Sureste Mexicano, por la necesidad regional de establecer sistemas de energías limpias en la zona.
- Interconexión Eléctrica: El proyecto contempla la construcción de una subestación eléctrica dentro del perímetro del predio. Esta subestación se interconectará al Sistema Interconectado Nacional (SIN) mediante una línea de transmisión existente. Esta configuración permite evacuar la energía generada por la central hacia el Sistema Eléctrico Nacional sin requerir la construcción de nuevas líneas de transmisión como parte del proyecto, eliminando así impactos ambientales adicionales asociados a dicha infraestructura lineal.
- Potencial Solar: México se ubica geográficamente dentro del "cinturón solar mundial", una región con niveles de irradiación excepcionales. Más del 50% del territorio nacional registra una irradiación global media anual superior a 5.0

kWh/m^2. El sitio específico para la Central Fotovoltaica La Loma, en el Estado de Campeche, es estratégico debido a su alto recurso solar, con una irradiación global media anual de aproximadamente 6.0 kWh/m^2/día.

- Características Fisiográficas del Sitio: El terreno del proyecto se localiza en una planicie de topografía suavemente ondulada, con una pendiente general dominante hacia el suroeste, condición que favorece el drenaje natural y el escurrimiento del agua pluvial. Morfológicamente, el área forma parte de la llanura costera del Golfo de México, típica de la región norte del municipio de Campeche, caracterizada por suelos de escaso espesor y afloramientos de roca caliza, propios del relieve kárstico peninsular. Estas características se presentan de forma resumida en la siguiente tabla:

ELEVACIÓN DEL SITIO SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR	**20 A 25 MSNM**
Condiciones ambientales de diseño de las instalaciones	
Temperatura Ambiente*	Extremo mínimo: 16 °C Diseño de invierno: 19 °C Promedio: 26.0 °C Diseño de verano: 33.0 °C Extremo máximo: 38.0 °C
Precipitación media*	Extremo mínimo: 0 mm Extremo máximo: 240 mm Promedio anual: 1050 mm
Promedio de días de lluvia*	Extremo mínimo: 1 día Extremo máximo: 16 días Promedio anual: 90-100 días
Luz diurna media**	Extremo mínimo: 10.6 horas Extremo máximo: 13.2 horas Promedio: 12 horas
Promedio de insolación**	Extremo mínimo: 6.8 horas Extremo máximo: 10.5 horas Promedio: 8.6 horas
Promedio del índice UV**	Extremo mínimo: 4 Extremo máximo: 9 Promedio: 6 - 7

Condiciones Ambientales especificadas del Sitio del Proyecto

- La localización del Proyecto se sitúa en un tipo de vegetación común y ampliamente distribuido en el área de estudio, por lo que su ocupación no representa una pérdida significativa de diversidad fitosanitaria a escala regional.
- Las áreas destinadas al desarrollo del Proyecto no presentan características ecológicas únicas o excepcionales dentro del contexto del Sistema Ambiental Regional, y son representativas de la cobertura vegetal predominante en la zona.
- Los impactos ambientales derivados de la ejecución de las obras y actividades se prevén de baja magnitud, al ser fundamentalmente puntuales y temporales.
- Que sea una región que, en el ámbito socioeconómico, pueda beneficiarse por la creación de empleos locales durante sus fases de construcción y operación, induciendo además una derrama económica considerable en la zona.
- Que tenga una clara e indisputable tenencia de la tierra brindando certeza jurídica para llevar a cabo la construcción de la Central conforme se tiene planeado.

2.1.3. Ubicación física del proyecto y planos de localización

El proyecto se desarrollará dentro de un polígono situado a una distancia lineal aproximada de 30 kilómetros en dirección este sureste del centro de Campeche capital, Campeche.

La delimitación parcelaria del predio es la siguiente:

- Límite Occidental: Colinda con el Predio San Manuel.
- Límite Oriental: Colinda con el Predio Ejido Tikimul.
- Límite Septentrional: Colinda con los Predios San Alberto y San Enrique.
- Límite Meridional: Colinda con la propiedad privada registrada a nombre de Segovia Escalante.

La ubicación planimétrica del centroide interno del sitio del proyecto se localiza en X=786832.9 Y=2186490.5 (metros, en proyección UTM zona 15, con datum ITRF2008) o 90° 15' 46.8" W 19° 45' 11.62" N (coordenadas geográficas WGS84)

El siguiente mapa esquematiza su localización en el país, la región y los principales municipios y localidades aledaños:

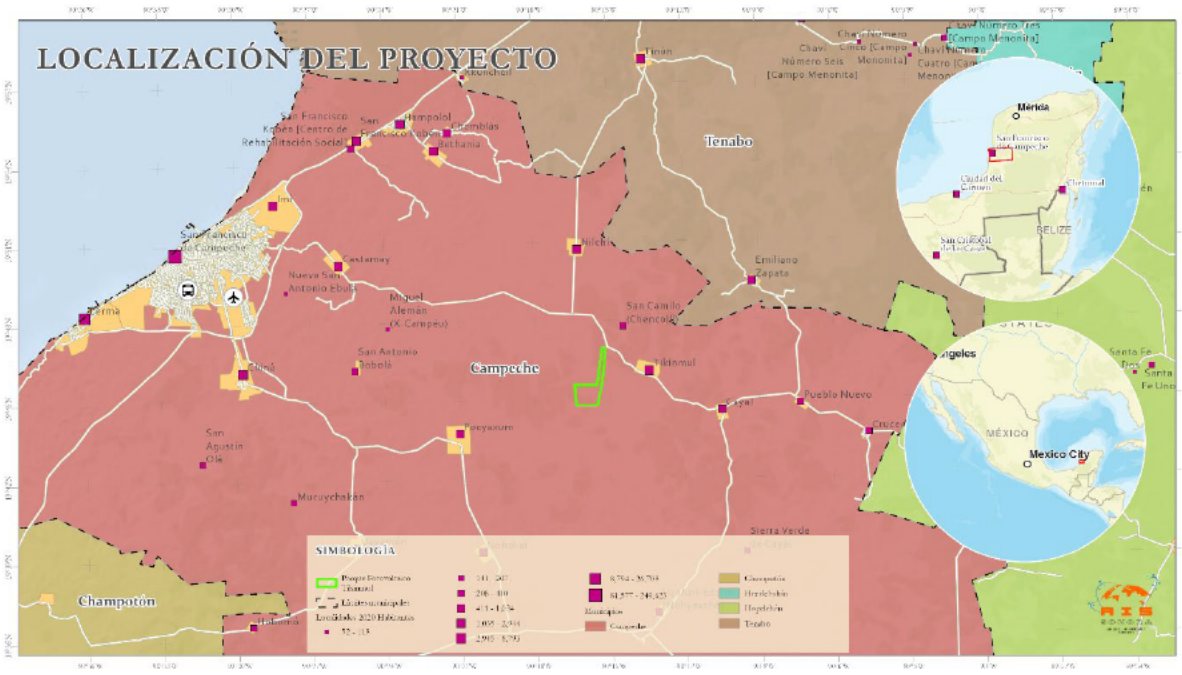


Figura 3. Mapa de localización del proyecto.

A continuación, se presenta el cuadro de coordenadas UTM (datum WGS84, Zona 15N) que define el perímetro del Área 1, correspondiente a la central:

Vértice	Coordenada Oeste (X) [m]	Coordenada Norte (Y) [m]
1	785,714.18	2,187,219.96
2	787,286.13	2,187,209.34
3	787,629.71	2,189,809.12
4	787,880.52	2,189,809.19
5	787,609.12	2,187,180.41
6	787,326.04	2,185,769.48
7	785,832.62	2,185,762.61

La realización del proyecto no requiere el cambio de uso de suelo de áreas forestales, como son selvas, bosques o vegetación de zonas áridas, de conformidad con el artículo 28 fracción VII de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y los artículos 5° inciso O, y artículo 14 de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

2.1.4. Inversión requerida

El capital de inversión estimado para la construcción del proyecto "Central Fotovoltaica Tikinmul" asciende a un monto total de [redacted] de pesos mexicanos (MXN).

El proyecto consiste en el desarrollo y puesta en operación comercial de una central de generación fotovoltaica con una capacidad nominal de 170 MW en corriente alterna (CA), cuya fecha programada de sincronización e inicio de inyección de energía al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) es noviembre de 2028.

El costo de capital específico para la capacidad de 170 MW es de [redacted] equivalente a [redacted] dólares estadounidenses (USD), aplicando un tipo de cambio proyectado de 20.00 MXN/USD para los ejercicios fiscales 2026, 2027 y 2028.

El monto de inversión referido incluye, de manera enunciativa mas no limitativa, los siguientes conceptos: adquisición de equipos principales, derechos de importación, preparación del terreno, infraestructura civil, costos de instalación, y obras electromecánicas. Es preciso señalar que este presupuesto no considera el costo de inversión asociado a la obra de interconexión de la central fotovoltaica con el Sistema Eléctrico Nacional.

2.1.5. Dimensiones del proyecto

Superficie Total y Distribución

La configuración actual del proyecto considera una superficie total de ocupación de 322 hectáreas (ha). Dentro de este polígono se ubicará la totalidad de la infraestructura, incluyendo las obras y actividades provisionales necesarias durante la fase de construcción. Esto comprende el almacén de materiales y herramientas, la caseta de supervisión, el almacén temporal para residuos peligrosos y cualquier otra instalación temporal requerida por la contratista, evitando así la necesidad de superficies adicionales.

Infraestructura de Interconexión

Dentro del perímetro de las 322 ha se construirá la infraestructura necesaria para la interconexión y la evacuación de la energía generada por la central hacia el Sistema Eléctrico Nacional.

2.1.6. Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias

De acuerdo con el Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250,000, Serie VII (INEGI, 2018), la mayor parte del polígono del proyecto se clasifica como un agrosistema, a excepción de una fracción ubicada en el sector sur. No obstante, la verificación de campo realizada a finales de octubre y principios de noviembre permitió constatar que la totalidad del terreno presenta un estado de antropización. Esta observación se documenta de manera detallada en el apartado correspondiente a la revisión de uso de suelo y vegetación dentro del Capítulo IV del estudio.

La siguiente imagen muestra una toma oblicua renderizada del modelo tridimensional de mapeo con drones a principios del mes de noviembre:

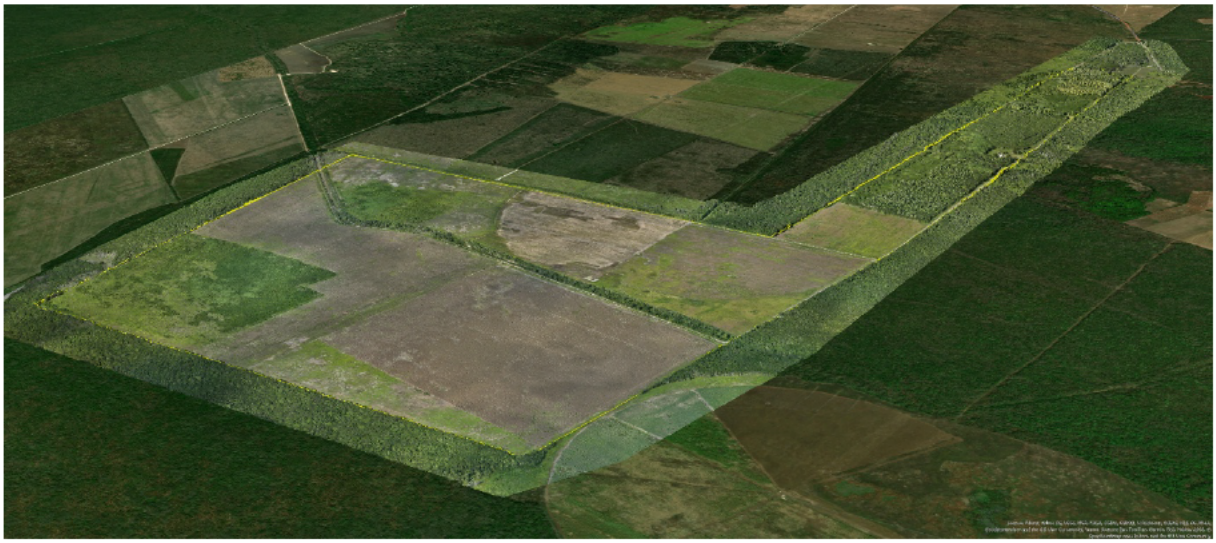


Figura 4. Vista oblicua de modelo 3D del área del proyecto (AIS Sonora).

En relación con los recursos hídricos, el predio carece de cuerpos de agua naturales de origen superficial. La única característica hidrográfica presente es un drenaje artificial, construido por el gobierno federal, el cual se observa claramente en la imagen previa. Esta infraestructura tiene como función principal facilitar el escurrimiento de agua, mitigando los efectos de inundaciones en una zona cuya topografía y tipo de suelo favorecen la acumulación y el estancamiento de agua pluvial.



Figura 5. Fotografía de agua estancada en el dren en la poción sur del predio.

2.1.7. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

El área no se encuentra urbanizada, tan solo cuenta con un casco básico (obra negra) pero cuenta con tendidos eléctricos. Carece de agua potable y drenaje, pero esos insumos serán solventados con servicios de letrinas química portátiles y acarreo de agua en pipa o embotellada de acuerdo con las necesidades.

2.2. Características particulares del proyecto

2.2.1. Programa general de trabajo

Descripción Técnica y Cronograma del Proyecto Central Fotovoltaica Tikinmul.

1. Alcance y Capacidad:

El proyecto "Central Fotovoltaica Tikinmul" tiene una capacidad nominal de 207 MWp (Megavatio-pico) en corriente continua y 170 MWac (Megavatio) en corriente alterna. Se desarrollará en un predio de 322 hectáreas.

2. Fases del Proyecto y Cronograma:

La ejecución del proyecto se estructura en una secuencia de cuatro fases principales, con una duración total estimada entre 27 y 30 meses hasta alcanzar la operación comercial.

3. Detalle de Fases:

Fase 1. Ingeniería de Detalle

Elaboración de planos y especificaciones técnicas integrales para todos los sistemas.

Sistemas incluidos: módulos fotovoltaicos, seguidores uniaxiales, inversores, centros de transformación, cableado de media tensión, Sistema de Almacenamiento de Energía (SAE/BESS), subestación elevadora, cuadro de maniobras, línea de evacuación y edificio eléctrico.

Fase 2. Suministro y Logística

Adquisición, gestión logística y recepción de los equipos principales. El suministro incluye:

- 406,450 módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino.
- 6,864 seguidores solares de un eje.
- 80 inversores CD/CA tipo paquete.
- 26 centros de Transformación (CT).
- Sistema de Almacenamiento de Energía (BESS) con capacidad de 60 MW / 240 MWh.
- Transformador principal de alta tensión.
- Condensador síncrono.
- 340 robots de limpieza automática.

Fase 3. Construcción

Ejecución de obras civiles, mecánicas y eléctricas en la totalidad de la superficie del proyecto.

Fase 4. Integración Operativa y Puesta en Servicio

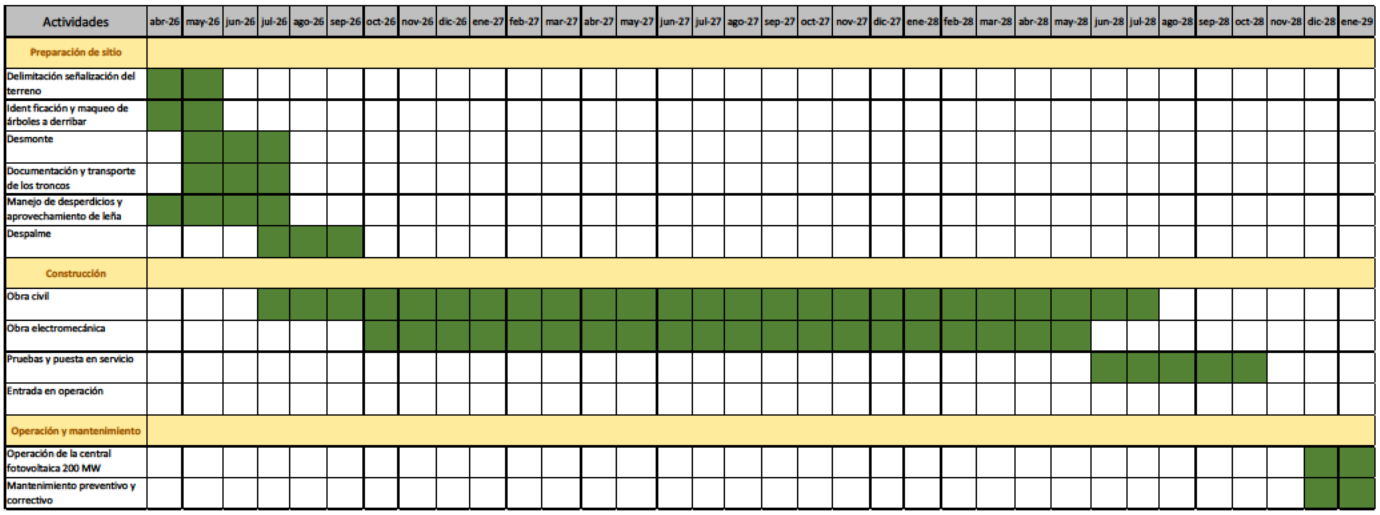
- Pruebas de integración de sistemas.
- Puesta en servicio de los equipos.

- Sincronización con la red eléctrica nacional.
- Pruebas de capacidad y confiabilidad, conforme a los requisitos establecidos por el operador del sistema.

4. Objetivos de la Planeación

La estrategia de planeación está orientada a garantizar un flujo eficiente de materiales, minimizar las afectaciones ambientales durante la ejecución y asegurar el cumplimiento de los estándares técnicos nacionales e internacionales aplicables.

En la siguiente figura se indica el programa de trabajo para la construcción del Proyecto, considerando 170 MW. La operación comercial se espera sea de por lo menos 25 años.



2.2.2. Preparación del sitio

La preparación del sitio constituye una de las etapas esenciales del proyecto debido a la necesidad de acondicionar el terreno para recibir la infraestructura fotovoltaica. Dado que el predio presenta condiciones favorables —topografía suave, pendientes menores al 3% y suelos delgados con formación caliza superficial— las obras de preparación son relativamente simples y de bajo impacto.

Las actividades incluyen:

- Desbroce selectivo de arbustos, hojarasca y vegetación secundaria, evitando afectar árboles de mayor porte cuando no interfieran con las instalaciones.
- Trazado topográfico para localizar con precisión las hileras de seguidores solares, centros de transformación, caminos internos y área del Centro de Interconexión.
- Nivelación ligera mediante corte y relleno superficial, reduciendo al mínimo la remoción de suelo.
- Compactación de caminos existentes y construcción de caminos interiores nuevos, utilizando material pétreo de la zona, para permitir el tránsito seguro de transporte pesado y grúas.
- Implementación de obras provisionales de manejo de agua pluvial, tales como cunetas y canales de desvío, evitando erosión durante lluvias intensas.
- Cercado perimetral y control de accesos, garantizando la seguridad del área de obra.

Todo el proceso se realizará conforme a las medidas de prevención ambiental establecidas en esta manifestación, incluyendo monitoreo de fauna, delimitación de zonas de exclusión y supervisión permanente, así como aquellas que sean asignadas por la autoridad ambiental en el resolutivo correspondiente.

2.2.3. Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

Para garantizar el desarrollo adecuado del proyecto, se requiere la habilitación de infraestructura temporal que facilite el manejo logístico de materiales, equipos y personal. Todas las instalaciones provisionales se ubicarán dentro de los límites del predio del proyecto, con el objetivo de evitar afectaciones a áreas externas.

Componentes de la Infraestructura Temporal:

- Campamento de Obra: Este complejo incluirá oficinas administrativas, una sala de juntas, un almacén para documentación técnica, un comedor, unidades sanitarias y una zona de estacionamiento.
- Áreas de Almacenamiento: Se dispondrá de bodegas y áreas designadas para el resguardo temporal de materiales y equipos, incluyendo módulos fotovoltaicos, estructuras metálicas, componentes eléctricos y cableado.

- Talleres de Apoyo: Se instalarán talleres ligeros para actividades de ensamble de piezas menores, ajustes y trabajos de soldadura controlada.
- Zona de Maquinaria: Se delimitarán áreas específicas para el estacionamiento y operación de equipo de construcción, como retroexcavadoras, grúas, plataformas y camiones articulados.
- Almacén de Residuos Peligrosos: Se construirá un almacén temporal con las características técnicas requeridas para el manejo de residuos peligrosos, el cual contará con piso impermeable, ventilación adecuada y señalización conforme a lo estipulado en la NOM-052-SEMARNAT-2005.
- Servicios Temporales: Se instalarán sistemas provisionales de energía eléctrica y alumbrado para permitir trabajos en interiores o nocturnos, así como una red temporal de abastecimiento de agua para las actividades de construcción y el consumo del campamento.

Medidas de Cierre: Todas las instalaciones temporales serán desmontadas de manera integral una vez concluida la fase de construcción. Las áreas ocupadas serán objeto de restauración, siguiendo las medidas de cierre establecidas en el plan de manejo ambiental del proyecto.

2.2.4. Etapa de construcción

La etapa de construcción comprende la ejecución de todas las obras permanentes que integrarán la Central Fotovoltaica Tikinmul. Dada la escala del proyecto y la necesaria coordinación entre sus múltiples sistemas, la construcción se lleva a cabo bajo un esquema de Ingeniería, Adquisiciones y Construcción (EPC), el cual incorpora procesos meticulosos de control de calidad.

Actividades Principales de Construcción:

1. Obras Civiles y Mecánicas

- Cimentación e instalación de 6,864 seguidores solares uniaxiales, utilizando pilotes metálicos hincados.
- Colocación y fijación de 406,450 módulos fotovoltaicos sobre las estructuras, asegurando la orientación e inclinación angular definidas en el diseño.
- Construcción de la red vial interna, plataformas de maniobra y cimentaciones para los siguientes componentes: Centros de Transformación, el Sistema de Almacenamiento de Energía (BESS), el edificio eléctrico, los transformadores y el condensador síncrono.

2. Instalaciones Eléctricas

- Instalación de 80 inversores CD/CA, configurados en unidades paquetizadas para su conexión en campo.
- Configuración de 26 Centros de Transformación (34.5 kV), que integran cada uno un inversor con un transformador elevador a media tensión.
- Tendido del cableado de corriente directa, desde los arreglos de módulos fotovoltaicos hacia las cajas combinadoras y desde estas hacia los inversores.
- Instalación del sistema de colección en media tensión, mediante cableado subterráneo con aislamiento XLP para 90°C y un nivel de aislamiento del 130%.
- Construcción de la subestación elevadora, que incluye el transformador principal, interruptores de potencia, cuchillas de seccionamiento, pararrayos y el sistema de barras colectoras.

3. Sistema de Almacenamiento de Energía en Baterías (SAE/BESS 60 MW / 240 MWh)

- Instalación de contenedores metálicos que albergan los bancos de baterías de ion-litio, junto con sus sistemas de enfriamiento, supresión de incendios y bandejas de cableado.
- Montaje de los inversores bidireccionales y transformadores asociados exclusivamente al BESS.
- Integración del sistema al centro de control de la planta y a su punto de interconexión con la red.

4. Sistemas Auxiliares

- Instalación de 5 estaciones meteorológicas para el monitoreo ambiental.
- Montaje de 340 robots de limpieza automatizada para el mantenimiento de los módulos fotovoltaicos.
- Construcción del edificio eléctrico, que albergará las áreas de control, comunicaciones y tableros de distribución.
- Implementación de sistemas de protección contra incendios en las áreas críticas de la planta.

5. Pruebas y Puesta en Marcha

- Ejecución de pruebas eléctricas, dieléctricas y de funcionamiento en los sistemas de media tensión.

- Pruebas de capacidad, confiabilidad y desempeño del Sistema de Almacenamiento de Energía en Baterías (BESS).
- Sincronización del conjunto con el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) y ejecución de las pruebas de despacho de energía.

2.2.5. Etapa de operación y mantenimiento

Una vez en operación, la Central Fotovoltaica Tikinmul suministrará energía eléctrica al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) durante un período estimado de 25 años. La operación de la planta estará basada en un alto grado de automatización, gestionada a través de un Sistema de Control Distribuido (DCS).

Actividades Operativas Principales:

- Monitoreo y Desempeño: Monitoreo remoto y continuo del desempeño del generador fotovoltaico.
- Gestión del Sistema de Almacenamiento (BESS): Operación del Sistema de Almacenamiento de energía con Baterías para la prestación de servicios auxiliares a la red, incluyendo:
    - Control de rampa de generación.
    - Regulación primaria de frecuencia.
    - Regulación de voltaje.
    - Capacidad de arranque en negro (black start).
- Limpieza y Mantenimiento de Módulos: Ejecución de ciclos de limpieza programada de los módulos fotovoltaicos mediante un sistema robótico automatizado, con el objetivo de optimizar la captación de radiación solar.
- Mantenimiento de Equipos: Realización de inspecciones periódicas y aplicación de mantenimiento preventivo a los componentes principales: inversores, Centros de Transformación, transformadores, seguidores solares y sistemas de control.
- Mantenimiento de Infraestructura: Conservación de la red de caminos internos y de las zanjas de drenaje perimetrales y internas.
- Monitoreo Ambiental: Implementación de un programa de monitoreo ambiental para el cumplimiento de la normativa aplicable.
- Gestión de Emergencias: Atención a contingencias mediante el uso de una planta de generación de respaldo y la activación de protocolos operativos establecidos.

La planta requerirá una dotación de personal reducida, cuyas funciones se concentrarán en tareas de inspección visual, mantenimiento eléctrico especializado y vigilancia.

Se llevarán a cabo, adicionalmente, las acciones requeridas para el monitoreo ambiental establecidos en el Capítulo VI de este documento y las establecidas por la autoridad ambiental en el resolutivo correspondiente.

2.2.6. Descripción de obras asociadas al proyecto

Para garantizar la operación segura y eficiente de la Central Fotovoltaica, se desarrollará infraestructura complementaria integrada por los siguientes componentes:

- Red Vial Interna: Una red de caminos con superficie compactada, diseñada para permitir el acceso permanente a todas las estructuras y equipos para labores de operación y mantenimiento.
- Sistema de Canalizaciones Eléctricas: Una red subterránea de ductos y zanjas para el tendido de cableado de corriente directa (CD) y corriente alterna (CA) en toda la planta.
- Centro de Interconexión: Un conjunto que integra los siguientes componentes clave en una ubicación centralizada:
    - El Sistema de Almacenamiento de Energía (SAE/BESS).
    - El transformador principal de potencia.
    - Un condensador síncrono.
    - Una planta de emergencia para respaldo energético.
    - El edificio eléctrico de control y maniobras.
- Sistema de Telecomunicaciones: Una red de fibra óptica y sistemas de comunicación que interconectan los distintos componentes, incluyendo las estaciones meteorológicas, los inversores, los centros de transformación y el edificio eléctrico.
- Sistema de Seguridad Física: Implementación de un sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV), alarmas y protecciones perimetrales.
- Sistema de Protección Contra Incendios: Instalación de sistemas especializados para la detección y supresión de incendios, con especial atención en las áreas que albergan el BESS y los transformadores.

Esta infraestructura complementaria se localizará en su totalidad dentro de los límites del predio del proyecto. La interconexión con el Sistema Eléctrico Nacional no generará afectaciones adicionales en terrenos externos, ya que se realizará mediante la utilización de infraestructura de transmisión preexistente.

El siguiente plano muestra el arreglo por zonas para la etapa de construcción:



Figura 6. Plano de distribución de zonas de trabajo durante el proceso constructivo.

2.2.7. Etapa de abandono del sitio

Al concluir la vida útil operativa del proyecto, estimada en 25 años, se ejecutará un proceso de desmantelamiento integral, el cual se regirá por las normas ambientales vigentes en ese momento. El objetivo final es la liberación del predio sin la generación de pasivos ambientales, dejando el terreno en condiciones similares a su estado previo al desarrollo del proyecto.

Actividades Principales de Desmantelamiento:

- Desinstalación de Equipos: Se procederá al retiro sistemático de todos los componentes tecnológicos y estructurales, incluyendo los módulos fotovoltaicos, las estructuras de seguidores, los inversores, los centros de transformación y todo el cableado.
- Manejo del Sistema de Almacenamiento (BESS): El desmantelamiento del Sistema de Almacenamiento de Energía con Baterías se realizará aplicando protocolos

estrictos para el manejo, transporte y disposición final de las baterías de ion-litio, de acuerdo con la regulación para residuos de manejo especial y peligrosos.

- Gestión de Materiales: Se implementará un plan de manejo de materiales para la recuperación, segregación y canalización para reciclaje de todos los elementos metálicos, plásticos y otros reciclables derivados de los equipos retirados.
- Desmontaje de Infraestructura Fija: Se llevará a cabo el retiro de los transformadores principales, la planta de emergencia y los edificios o estructuras permanentes.
- Adecuación del Terreno: Las cimentaciones menores serán retiradas y el terreno será sometido a procesos de relleno y nivelación superficial.
- Restauración de Vialidad: Los caminos de servicio no considerados de carácter permanente serán desmantelados y el área será restaurada.
- Restitución de la Cobertura Vegetal: Se implementará un programa de reforestación o revegetación, utilizando especies nativas, para restituir la cobertura del suelo según las condiciones ecológicas del sitio. Dado que el sitio es propiedad privada bajo esquema de arrendamiento, la decisión final si el sitio se reforesta o se dedica de nuevo a actividades agrícolas corresponde a los legales propietarios.

2.2.8. Utilización de explosivos

El proyecto no contempla el uso de explosivos en ninguna etapa. Todas las obras de cimentación, hincado y excavación se realizarán mediante métodos mecánicos seguros.

2.2.9. Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera

1. Residuos Sólidos No Peligrosos

Fase de Construcción:

- Generación: Se generarán residuos como metales, madera, empaques, cables sobrantes, concreto y plásticos.
- Manejo y Disposición: Se implementarán contenedores específicos para cada tipo de material en las áreas de acopio temporal. Estos residuos se caracterizarán y cuantificarán. Los materiales con potencial de reciclaje, como metales, plásticos específicos y cartón, se canalizarán a gestores autorizados para su valorización. Los residuos que no sean susceptibles de reciclaje se destinarán a sitios de disposición

final autorizados, previa autorización correspondiente. Se mantendrá un registro de manifiestos de entrega y recepción.

Fase de Operación:

- Generación: Los residuos serán principalmente cartón, empaques menores, refacciones de repuesto y una cantidad mínima de residuos derivados de las actividades de mantenimiento rutinario.
- Manejo y Disposición: Se establecerá un programa de segregación en origen. Los materiales reciclables se acumularán en un área designada y se entregarán periódicamente a empresas de reciclaje. Los residuos no reciclables se gestionarán a través del servicio de recolección municipal o mediante un gestor autorizado de residuos sólidos urbanos.

2. Residuos Peligrosos

Fase de Construcción y Operación:

- Generación: Incluyen trapos impregnados con aceite, filtros de aceite e hidráulicos, envases de aerosoles, lubricantes usados y baterías de equipos menores.
- Manejo y Disposición: Todos los residuos peligrosos se almacenarán en el almacén temporal de residuos peligrosos, el cual contará con piso impermeable y contención de derrames. Su manejo se realizará estrictamente conforme a lo establecido en la NOM-052-SEMARNAT-2005 (que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos) y NOM-053-SEMARNAT-1993 (almacenamiento temporal). Serán entregados de manera exclusiva a gestores autorizados y registrados ante la SEMARNAT, dando seguimiento a su manejo a través del Manifiesto de Entrega de Residuos Peligrosos. Los aceites dieléctricos y grasas generados durante la operación se manejarán bajo el mismo protocolo.

3. Residuos Líquidos

Fase de Construcción y Operación:

- Generación: Las únicas aguas residuales generadas serán de tipo sanitario.
- Manejo y Disposición: Para su tratamiento, se optará por sistemas de bajo consumo hídrico y alta eficiencia, como baños ecológicos secos o biodigestores. La elección del sistema garantizará que los lodos o efluentes resultantes sean dispuestos o

reutilizados de acuerdo con la normatividad aplicable, sin generar descargas al suelo o cuerpos de agua. No se generan aguas residuales industriales o de proceso durante ninguna de las fases del proyecto.

4. Emisiones Atmosféricas

Fase de Construcción:

- Generación: Las emisiones provendrán principalmente de la combustión de diésel en la maquinaria y equipo móvil.
- Manejo y Mitigación: Se asegurará que toda la maquinaria cuente con los sistemas de control de emisiones en buen estado y se promoverán prácticas operativas eficientes para minimizar el consumo de combustible y, por ende, las emisiones.

Fase de Operación:

- Generación: Las emisiones se producirán únicamente durante las pruebas periódicas y cortas de la planta de emergencia. La central fotovoltaica, por su naturaleza, no genera emisiones atmosféricas durante su operación normal de generación de energía.
- Manejo y Mitigación: Se llevará un registro de los periodos de operación de la planta de emergencia y se dará mantenimiento preventivo para asegurar su eficiencia de combustión.

2.2.10. Infraestructura adecuada para el manejo y disposición adecuada de los residuos

El proyecto integrará sistemas para el manejo de residuos durante sus fases de construcción y operación. La gestión se basará en la normativa aplicable e incluirá los siguientes componentes:

1. Infraestructura de Almacenamiento Temporal

- Residuos Peligrosos: Se dispondrá de un almacén temporal diseñado para el confinamiento inicial de residuos peligrosos. La instalación contará con techumbre, piso impermeable de concreto con sistema de contención perimetral, y ventilación pasiva. La señalización seguirá los criterios de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para la identificación de riesgos.

- Residuos No Peligrosos: Se delimitarán áreas para la segregación primaria, con contenedores diferenciados para residuos orgánicos, inorgánicos reciclables (metales, plásticos, cartón) e inorgánicos no reciclables. Los contenedores serán de materiales metálicos o plásticos, ubicados en puntos de generación y en las áreas de acopio.

2. Procedimientos Operativos

- Recolección Interna: Se establecerán rutinas para la recolección y transporte interno de residuos hacia las zonas de almacenamiento temporal, utilizando equipos y procedimientos que prevengan derrames o dispersión.
- Control Documental: Se implementará un sistema de bitácoras para registrar volúmenes generados, características y movimientos. Para residuos peligrosos y de manejo especial se utilizarán los manifiestos electrónicos correspondientes, asegurando la trazabilidad desde la generación hasta la disposición final.

3. Gestión Externa y Disposición Final

Transporte y Disposición: Se suscribirán contratos con empresas transportistas y destinatarias autorizadas por la SEMARNAT u otra autoridad competente. Los residuos peligrosos se entregarán a centros de almacenamiento, tratamiento o confinamiento autorizados. Los residuos reciclables se canalizarán a centros de acopio o reciclaje formales. Los residuos no reciclables se destinarán a sitios de disposición final autorizados.



MANIFESTACIÓN AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL DEL PROYECTO PARQUE FOTOVOLTAICO TIKINMUL

Capítulo III: Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

AIS SONORA
ANÁLISIS, INFORMACIÓN Y SERVICIOS

Índice de Contenido

3. CAPÍTULO III: VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES 3

3.1. PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO 3

3.1.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) 3

3.1.2. Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Campeche 5

3.2. DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS 7

3.2.1. Áreas Naturales Protegidas 7

3.2.2. Áreas de atención prioritaria. 8

3.2.3. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación 8

3.3. PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO MUNICIPALES (PDU) 9

3.4. NORMAS OFICIALES MEXICANAS Y OTROS INSTRUMENTOS LEGALES A CONSIDERAR 9

3.4.1. Sector Eléctrico y Energético 9

3.4.2. Sector Ambiental 10

3.4.3. Sector de Seguridad y Salud en el Trabajo (STPS) 11

3.4.4. Sector de Uso de Suelo y Agrario 12

3.4.5. Normas Mexicanas (NMX) y Estándares Internacionales de Aplicación Común 12

3.5. LITERATURA CITADA 14

Índice de Figuras

Figura 1. Aptitud de Conservación de áreas de importancia ecológica en Campeche..... 4
Figura 2. Aptitud de la actividad agrícola de temporal en Campeche..... 5
Figura 3. Mapa de políticas de uso del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Municipio de Campeche. 6
Figura 4. Porcentajes y superficies por tipo de uso en el SAR, de acuerdo con el POET-Municipio de Campeche.1..... 6
Figura 5. Mapa de áreas naturales protegidas federales y ADVCs..... 7

3. Capítulo III: Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

3.1. Programas de Ordenamiento Ecológico

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

El Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Campeche (PEOTDU) 2024 es el instrumento rector de planeación que establece las políticas, estrategias y criterios para orientar el uso del suelo y la ocupación del territorio en el estado. Su objetivo principal es promover un desarrollo territorial ordenado, sustentable y resiliente, equilibrando las actividades productivas con la conservación ambiental y la cohesión social.

Sus principales enfoques son:

- Competitividad y Desarrollo Económico: Impulsa la ordenación de corredores industriales, logísticos y turísticos, con especial atención al sector energético, incluida la transición hacia energías renovables.
- Sustentabilidad Ambiental: Define criterios para la protección de los recursos naturales, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, integrando la variable climática en la toma de decisiones.
- Inclusión y Cohesión Social: Busca mejorar la accesibilidad a equipamiento urbano, vivienda y servicios básicos, fomentando un crecimiento equilibrado de los asentamientos humanos.
- Gestión de Riesgos: Incorpora la identificación de zonas con peligros naturales o antrópicos para reducir la vulnerabilidad del territorio.

El programa sirve como marco normativo para los instrumentos municipales y es de observancia obligatoria para la autorización de proyectos de desarrollo público y privado en el estado. Sin embargo, su cartografía no está disponible para descarga en detalle y los mapas publicados en el Periódico Oficial del Estado de Campeche (SEDATU-Campeche, 2024) solo permiten ubicar aproximadamente los tipos de uso del suelo y de aptitud para cada uso.

Adicionalmente, hay que tomar en cuenta que entre los criterios de definición de aptitud para la conservación se tomaron en consideración índices de vegetación (espectrales, derivados de sensores remotos) que no hacen distinción entre material vegetal natural, secundario o cultivado.

En general, el SAR se encuentra en la zona definida con valores predominantemente "medio" y "bajo" en el mapa de "Aptitud de Conservación de áreas de importancia ecológica en Campeche" del citado documento:

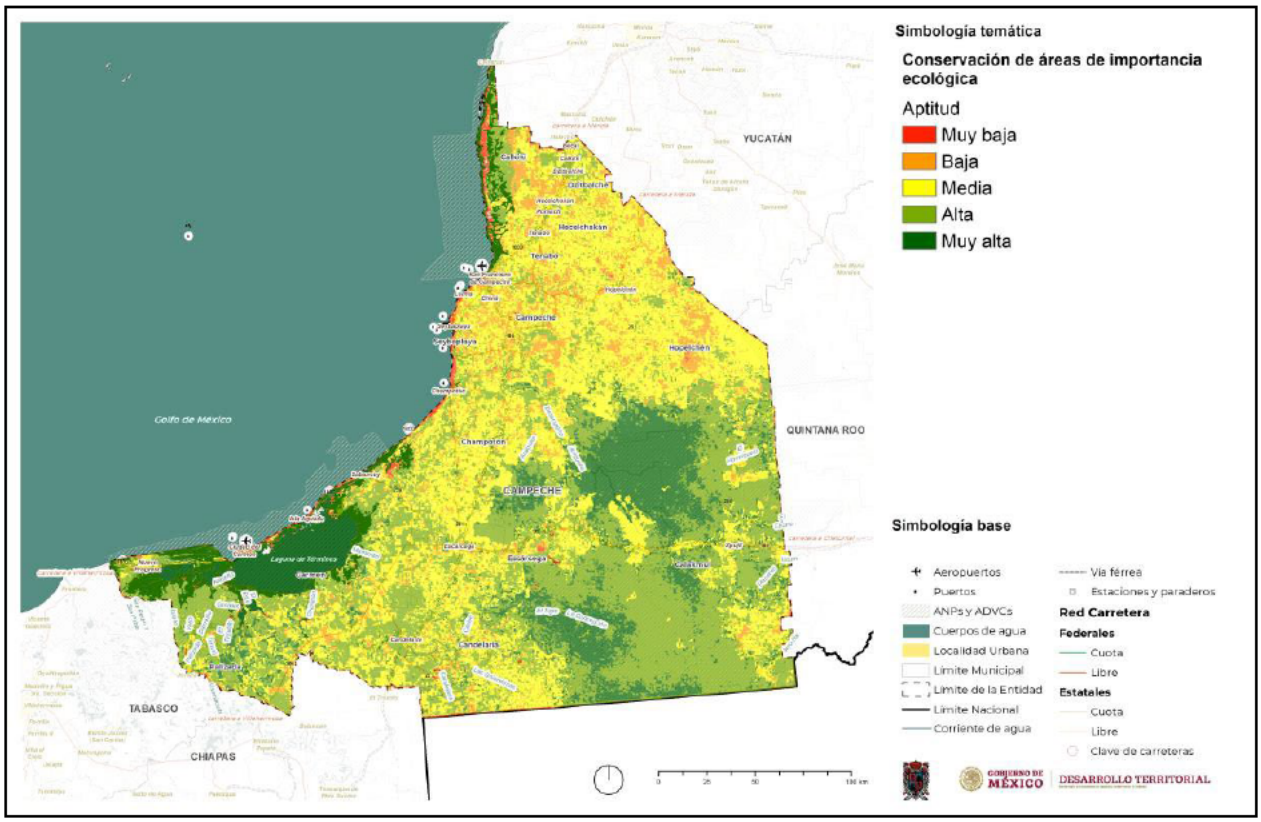


Figura 1. Aptitud de Conservación de áreas de importancia ecológica en Campeche.

Vale la pena mencionar que, a pesar de que el POETDU establece que el SAR es de aptitudes entre "muy baja" a "media", la agricultura es el uso del suelo dominante del área y la principal actividad productiva.

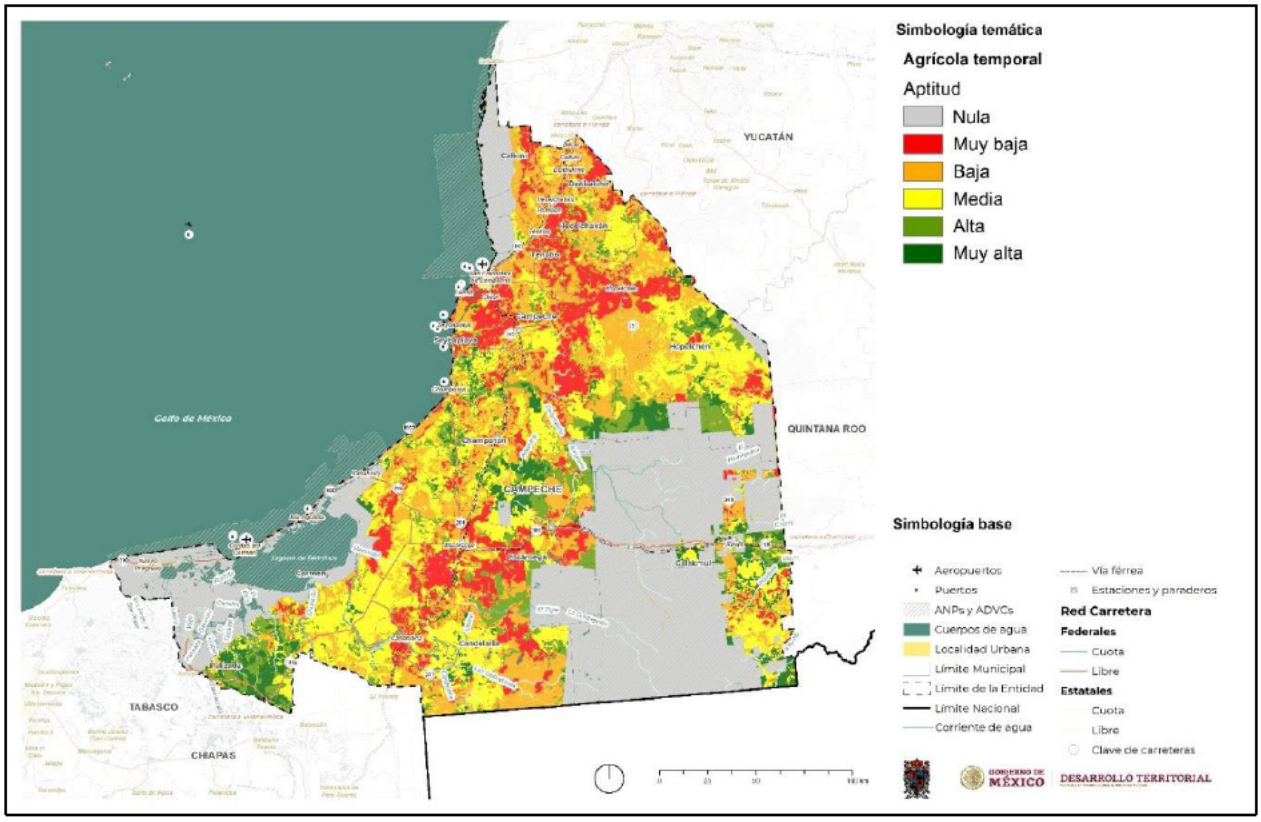


Figura 2. Aptitud de la actividad agrícola de temporal en Campeche.

3.1.2. Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Campeche

De acuerdo con el instrumento de planeación emitido por el Gobierno del Municipio de Campeche en 2009 (Gobierno-del-Municipio-de-Campeche, 2009), el Ordenamiento Ecológico del Territorio establece directrices específicas para las zonas comprendidas dentro del Sistema Ambiental Regional. Dicha regulación determina que la mayor parte del área debe destinarse a actividades de "aprovechamiento", mientras que la porción sureste del SAR está designada para "conservación".

El análisis de localización del proyecto confirma que la totalidad del sitio de desarrollo se encuentra dentro de la zona categorizada para "aprovechamiento". En consecuencia, el proyecto de Central Fotovoltaica Tikinmul es compatible con las disposiciones de uso del suelo establecidas en este instrumento de política ambiental. La implementación del proyecto no representa un conflicto con la vocación del territorio definida por el ordenamiento ecológico.

Esta correspondencia se documenta en el mapa anexo, donde se superpone la poligonal del proyecto con la zonificación derivada del Ordenamiento Ecológico:

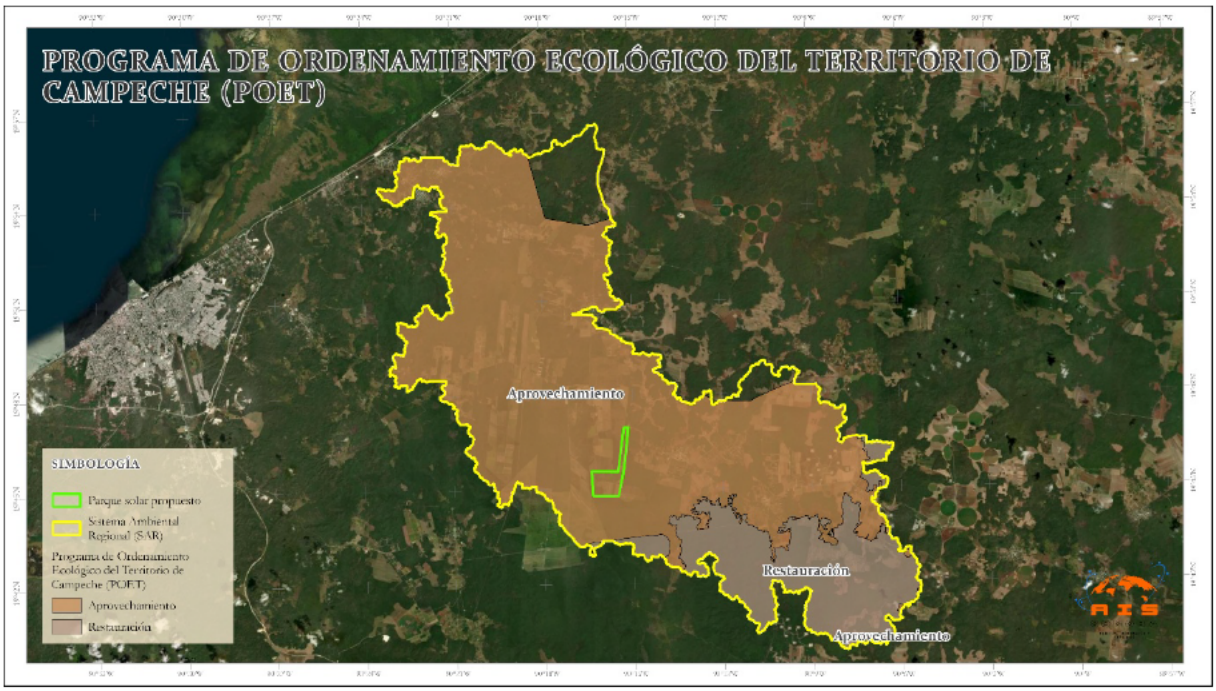


Figura 3. Mapa de políticas de uso del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Municipio de Campeche.

La siguiente gráfica muestra como la mayor parte de la superficie bajo el POET-Municipio de Campeche está dedicada al aprovechamiento, con un 56.18% (87,957 hectáreas) a aprovechamiento mientras que el restante 43.82% (68,596 hectáreas) a restauración.

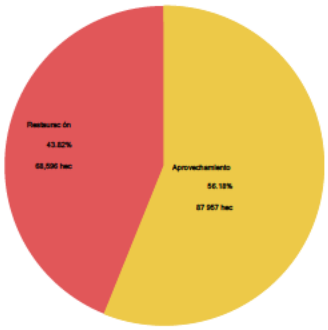


Figura 4. Porcentajes y superficies por tipo de uso en el SAR, de acuerdo con el POET-Municipio de Campeche.1

3.2. Decretos y programas de conservación y manejo de áreas naturales protegidas

3.2.1. Áreas Naturales Protegidas

De acuerdo con la cartografía oficial de áreas naturales protegidas de competencia federal, estatal y municipal, se determinó que el polígono del proyecto y el Sistema Ambiental Regional en su conjunto no presentan superposición con los límites de ninguna área natural protegida.

Esta condición se verificó mediante un análisis de intersección espacial utilizando los conjuntos de datos vectoriales oficiales más recientes publicados por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2025b) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). El procedimiento confirmó la ausencia de traslape entre la poligonal del proyecto y los perímetros de las áreas decretadas.

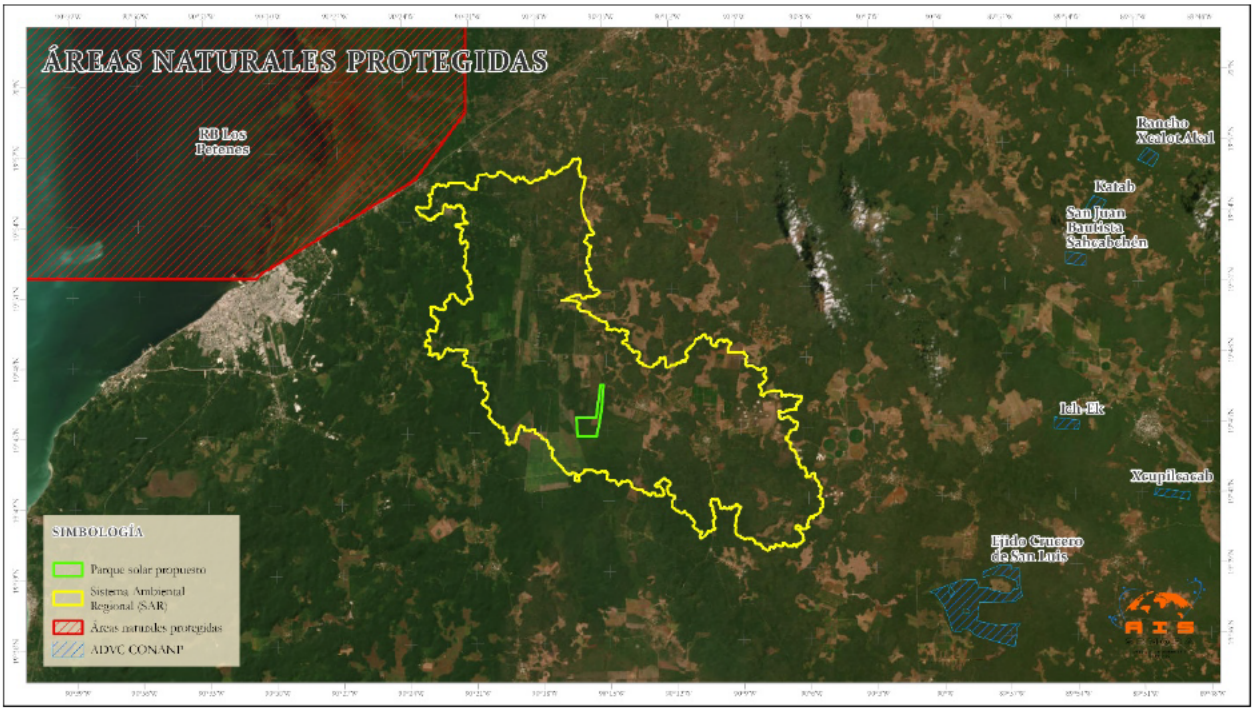


Figura 5. Mapa de áreas naturales protegidas federales y ADVCs.

3.2.2. Áreas de atención prioritaria.

De acuerdo con la revisión de los instrumentos de política ambiental vigentes, se determina que ni el sitio específico del proyecto ni el área del Sistema Ambiental Regional se encuentran designados como área de atención prioritaria para la conservación de los recursos naturales.

Esta verificación incluye la consulta de:

- Los decretos federales emitidos por la SEMARNAT que establecen zonas de restauración ecológica, áreas de refugio pesquero o otras figuras análogas.
- Los acuerdos internacionales suscritos por el gobierno mexicano en materia de conservación, como los sitios designados bajo convenios de protección de humedales (Convención de Ramsar) o áreas clave para la biodiversidad (KBAs, por sus siglas en inglés).

El análisis cartográfico realizado mediante Sistemas de Información Geográfica no identificó superposición alguna entre la poligonal del proyecto y los perímetros de dichas áreas de atención prioritaria, en caso de existir en la región.

3.2.3. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación

Con base en la consulta de los registros públicos administrados por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2025a) , actualizados a octubre de 2025, se determina que ni la superficie del proyecto ni la del Sistema Ambiental Regional se encuentran inscritas dentro de un Área Destinada Voluntariamente a la Conservación (ADVC) ver Figura 5 Mapa de áreas naturales protegidas federales y ADVCs.

Las ADVC son superficies de propiedad privada, ejidal o comunal cuyos propietarios, de manera voluntaria y mediante un certificado vigente emitido por la SEMARNAT, deciden destinarlas a la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad. La verificación consistió en la superposición cartográfica del polígono del proyecto con la capa de geoinformación oficial que delimita estas áreas certificadas. El análisis no identificó intersección espacial con ninguna ADVC registrada en la región.

3.3. Planes o Programas de Desarrollo Urbano Municipales (PDU)

El predio del proyecto se localiza en una zona de uso de suelo clasificada como rural. La verificación cartográfica contra los límites de los centros de población, conforme a los planes de desarrollo urbano municipal y los conjuntos de datos del INEGI, confirma que la totalidad de la superficie del proyecto se encuentra fuera del perímetro de cualquier área urbana.

En consecuencia, las disposiciones, restricciones y normativas específicas aplicables a los desarrollos dentro de zonas urbanas no son pertinentes para el presente proyecto. Este criterio se considera no aplicable dentro de la evaluación de impacto ambiental.

3.4. Normas Oficiales Mexicanas y otros instrumentos legales a considerar

Se tendrán en consideración al menos las siguientes:

3.4.1. Sector Eléctrico y Energético

Estas normas son el núcleo regulatorio para la interconexión, seguridad y desempeño del parque:

NOM-001-SEDE-2012: Instalaciones Eléctricas (Utilización).

Descripción: Establece los requisitos para las instalaciones eléctricas en edificios, industrias y, por extensión, en plantas generadoras como los parques fotovoltaicos. Cubre desde el cableado y protecciones hasta la puesta a tierra de los equipos. Es fundamental para la seguridad de la instalación. (CCNNIE, 2019)

NOM-029-STPS-2011: Mantenimiento de instalaciones eléctricas.

Descripción: Estipula las condiciones de seguridad para las actividades de mantenimiento en instalaciones eléctricas. Aplica a todas las tareas de mantenimiento correctivo y preventivo dentro del parque. (STPS, 2011c)

Código de Red (CNR) - Aprobado por la CRE (RESOLUCIÓN Núm. RES/550/2021):

Descripción: No es una NOM, pero es el conjunto de disposiciones administrativas y técnicas más importante para la interconexión a la Red Nacional. Establece los requisitos de calidad de energía, confiabilidad, seguridad, protección y comunicación que deben cumplir los Centros de Carga y Generación (Durán-Gómez, 2024).

Contrato de Interconexión Legada (CIL) o Contrato de Interconexión para Centrales Legadas (CICL):

Descripción: Es el contrato que se firma con el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE). Establece las obligaciones específicas del generador respecto a la operación, medición, inyección de energía y cumplimiento del Código de Red.

3.4.2. Sector Ambiental

Estas normas son críticas para la evaluación de impacto ambiental y la protección de los recursos naturales durante la construcción y operación:

NOM-059-SEMARNAT-2010 actualización al 2019: Lista de especies en riesgo.

Descripción: Identifica las especies (flora y fauna) en riesgo. Es fundamental para realizar la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) y definir medidas de mitigación, rescate y reubicación de especies. (SEMARNAT, 2010).

NOM-120-SEMARNAT-2011: Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera en terrenos forestales.

Descripción: Aunque es para minería, sus principios sobre protección de suelos, vegetación y manejo de materiales se aplican por analogía en la fase de construcción de un parque fotovoltaico, especialmente en áreas con cobertura vegetal. (SEMARNAT, 2012).

NOM-157-SEMARNAT-2009: Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos de construcción y demolición.

Descripción: Exige la elaboración de un plan para manejar, transportar y disponer los residuos generados durante la construcción (tierra, escombros, etc.), promoviendo su reutilización y reciclaje. (SEMARNAT, 2011).

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.

Descripción: Los paneles fotovoltaicos al final de su vida útil, las baterías (si las hay) y algunos aceites son residuos de manejo especial. Esta norma obliga a elaborar un plan para su manejo adecuado. (SEMARNAT, 2013).

Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental:

Descripción: Marco legal que obliga a la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) ante la SEMARNAT. Es el permiso ambiental central sin el cual no puede iniciar la construcción. (DOF, 1988).

3.4.3. Sector de Seguridad y Salud en el Trabajo (STPS)

Aplican a todas las industrias y son obligatorias para proteger a los trabajadores durante la construcción y el mantenimiento.

NOM-009-STPS-2011: Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura.

Descripción: Establece los requisitos para trabajos en superficies con más de 1.80 metros de altura. Aplica para el mantenimiento de inversores, limpieza de paneles en estructuras elevadas, etc. (STPS, 2011a).

NOM-018-STPS-2015: Sistema Armonizado para la Identificación y Comunicación de Peligros y Riesgos por Sustancias Químicas Peligrosas en los Centros de Trabajo.

Descripción: Obliga a identificar y etiquetar correctamente los productos químicos utilizados (ej. líquidos para limpieza, electrolitos de baterías, aceites) para prevenir riesgos a la salud. (STPS, 2015).

NOM-019-STPS-2011: Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene.

Descripción: Exige la formación de una comisión mixta (empleados-patrón) para vigilar las condiciones de seguridad en el sitio de trabajo. (STPS, 2011b).

NOM-026-STPS-2008: Colores y señales de seguridad e higiene.

Descripción: Establece el código de colores y señales para identificar riesgos, equipos de seguridad y rutas de evacuación en la planta. (STPS, 2008).

NOM-030-STPS-2009: Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo.

Descripción: Obliga al patrón a contar con personal capacitado y servicios médicos para atender emergencias en el centro de trabajo. (STPS, 2009).

3.4.4. Sector de Uso de Suelo y Agrario

Estas normas y leyes son cruciales para la adquisición o arrendamiento del terreno.

Ley Agraria:

Descripción: Regula los ejidos y tierras comunales. Si el terreno es ejidal, se requiere un procedimiento específico de asamblea ejidal y contrato de arrendamiento o usufructo, aprobado por la Procuraduría Agraria. (DOF, 1992).

3.4.5. Normas Mexicanas (NMX) y Estándares Internacionales de Aplicación Común

Aunque no son obligatorias por decreto, son ampliamente utilizadas y a menudo requeridas por inversionistas, aseguradoras o para cumplir con especificaciones técnicas de equipos.

NMX-J-689-ANCE: Sistemas de conversión de energía fotovoltaica - Interconexión a la red eléctrica.

Descripción: Establece los requisitos de seguridad y desempeño para los inversores que se conectan a la red, complementando al Código de Red. (SE, 2015).

IEC 61724-1: Monitoreo del desempeño de sistemas fotovoltaicos.

Descripción: Estándar internacional para el monitoreo y análisis del rendimiento del parque. Es una práctica común para garantizar la producción esperada. (IEC, 2021).

IEC 62446-1: Requisitos para pruebas de sistemas fotovoltaicos (FV) conectados a red.

Descripción: Define los procedimientos de prueba, documentación y puesta en marcha que se deben seguir para garantizar que la instalación es segura y funcional. (IEC, 2016).

ISO 14001: Sistemas de Gestión Ambiental.

Descripción: Estándar internacional voluntario para implementar un sistema que gestione los aspectos ambientales del proyecto de manera sistemática. (ISO, 2015).

ISO 45001: Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Descripción: Similar a la ISO 14001, pero aplicada a la seguridad de los trabajadores. Demuestra un compromiso que va más allá del cumplimiento mínimo de las NOM-STPS. (ISO, 2018).

3.5. Literatura Citada

CCNNIE. (2019). *NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización)*. Diario Oficial de la Federal 29/12/2011: Gobierno de México.

CONANP. (2025a). *Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación Descarga de Archivos Shape* Gobierno de México. https://sig.conanp.gob.mx/Shape

CONANP. (2025b). *Áreas Naturales Protegidas Descarga de Archivos Shape* Gobierno de México. https://sig.conanp.gob.mx/Shape

DOF. (1988). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*.

DOF. (1992). *LEY AGRARIA*.

Durán-Gómez, J. L. (2024). Código de Red y sus Bases Normativas para la Conexión de Centros de Carga. *Revista ELECTRO*, *46*(1), 115-112.

Gobierno-del-Municipio-de-Campeche. (2009). *Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Municipio de Campeche*.

IEC. (2016). IEC 62446-1. In. Geneva, Switzerland.

IEC. (2021). IEC 61724-1. In. Geneva, Switzerland.

ISO. (2015). ISO 14001. In. Ginebra, Suiza.

ISO. (2018). ISO 45001. In.

SE. (2015). *NMX-J-689-ANCE-2015*. Retrieved from https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5399397&fecha=03/07/2015#gsc.tab=0

SEDATU-Campeche. (2024). *Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Campeche*. Periódico Oficial del Estado de Campeche: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano

SEMARNAT. (2010). *NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.*

SEMARNAT. (2011). *NORMA Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009, Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros.*

SEMARNAT. (2012). *NORMA Oficial Mexicana NOM-120-SEMARNAT-2011, Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos.*

SEMARNAT. (2013). *NORMA Oficial Mexicana 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.

STPS. (2008). *NORMA Oficial Mexicana NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.*

STPS. (2009). *NORMA Oficial Mexicana NOM-030-STPS-2009, Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo-Funciones y actividades.*

STPS. (2011a). *NORMA Oficial Mexicana NOM-009-STPS-2011, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura. .*

STPS. (2011b). *NORMA Oficial Mexicana NOM-019-STPS-2011, Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene.*

STPS. (2011c). *NORMA Oficial Mexicana NOM-029-STPS-2011, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad.* Diario Oficial de la Federal 29/12/2011: Gobierno de México

STPS. (2015). *NORMA Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015, Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.*



MANIFESTACIÓN AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL DEL PROYECTO PARQUE FOTOVOLTAICO TIKINMUL

Capítulo IV: Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región

AIS SONORA
ANÁLISIS, INFORMACIÓN Y SERVICIOS

Índice de Contenido

4. CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN 6

4.1. DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECER EL PROYECTO 6

4.1.1. Metodología 6

4.2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL: MEDIO ABIÓTICO 9

4.2.1. Clima y fenómenos meteorológicos 9
4.2.2. Geología y Geomorfología 19
4.2.3. Suelo 28
4.2.4. Hidrología 33

4.3. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL: MEDIO BIÓTICO 40

4.3.1. Vegetación 40
4.3.2. Flora 75
4.3.3. Fauna silvestre 83
4.3.4. Especies enlistadas en categorías de riesgo-protección de la NOM-059-SEMARNAT-2025 125
4.3.5. Presencia de rutas y especies migratorias 125
4.3.6. Ubicación del proyecto con respecto a las Áreas de Importancia Ecológica 125

4.4. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL: MEDIO SOCIO ECONÓMICO... 132

4.4.1. Población 132
4.4.2. Marginación 134
4.4.3. Vías de comunicación 135
4.4.4. Actividades económicas 138

4.5. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL: PAISAJE 144

4.6. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA AMBIENTAL 146

4.6.1. Índice de integridad ecosistémica 146

4.7. LITERATURA CITADA 154

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de delineación de cuenca modelado en AGWA. 7
Figura 2. Mapa de discretización de cuenca modelado en AGWA. 8
Figura 3. Mapa de tipos de clima en el SAR. 10
Figura 4. Mapa de estaciones meteorológicas cercanas al SAR. 11
Figura 5. Algunos límites que imponen las precipitaciones a la agricultura (INEGI, 2005) 12
Figura 6. Gráfica de precipitación anual promedio de las estaciones meteorológicas. 13
Figura 7. Distribución circanual promedio de la precipitación por estación. 13
Figura 8. Gráfica de precipitación acumulada anual en estaciones cercanas al SAR (moving average de cuatro). 14
Figura 9. Mapa de peligro de sequía (nivel municipal). 15
Figura 10. Gráfica del comportamiento de la temperatura máxima promedio anual para las estaciones climatológicas. 16
Figura 11. Gráfica del comportamiento de la temperatura mínima promedio anual para las estaciones climatológicas. 17
Figura 12. Mapa de ruta de los eventos meteorológicos importantes (desde depresión tropical hasta huracanes H5). 18
Figura 13. Mapa de tipos geológicos en el sistema ambiental regional. 20
Figura 14. Mapa de provincias fisiográficas en el sistema ambiental regional. 21
Figura 15. Mapa de subprovincias fisiográficas en el sistema ambiental regional. 22
Figura 16. Mapa de topoformas del SAR y sus alrededores. 24
Figura 17. Mapa de relieve del sistema ambiental regional. 25
Figura 18. Mapa de dnesidad de sismos ponderado por magnitud. 26
Figura 19. Mapa de epicentros de sismos cercanos al sistema ambiental regional. 27
Figura 20. Mapa de unidades edafológicas del sistema ambiental regional. 28
Figura 21. Mapa de sitios de erosión por tipo en el SAR y sus alrededores. 31
Figura 22. Fotografía de invasión de enredaderas del género Ipomea en una zona recién desmontada. 32
Figura 23. Mapa de cuencas del sistema ambiental regional. 34
Figura 24. Mapa de subcuencas del sistema ambiental regional. 35
Figura 25. Mapa de cuencas anidadas de TNC. 36
Figura 26. Mapa de modelación de hidrología superficial del sistema ambiental regional. 37
Figura 27. Mapa del acuífero en el que se encuentra el sistema ambiental regional. 38
Figura 28. Mapa de uso del suelo y vegetación del SAR. 41

Figura 29. Gráfica de proporción de tipos antrópicos vs secundarios en el SAR (no hay naturales).....45
Figura 30. Mapa de localización de los diferentes mapeos con dron realizados durante esta evaluación.....47
Figura 31. Ejemplo de "cámara" mostrando las cinco fotografías correspondientes a cada uno de los puntos.....48
Figura 32. Base multibanda DJI D-RTK 2 lista para correción en tiempo real.....48
Figura 33. Piloto en jefe Vlad Parra revisando los ajustes de los planes de vuelo en el sitio de proyecto.....49
Figura 34. Mapa de ortomosaico RG del sitio de muestreo externo al sitio de proyecto 1. 55
Figura 35. Mapa de ortomosaico RG del sitio de muestreo externo al sitio de proyecto 2. 57
Figura 36. Mapa de ortomosaico RG del sitio de muestreo externo al sitio de proyecto 3. 59
Figura 37. Fotografía de cultivo de papaya afectado. 61
Figura 38. Closeup de plantas de papaya en el cultivo en el SAR. 61
Figura 39. Mapa de ortomosaico RG del sitio de muestreo externo al sitio de proyecto 5. 62
Figura 40. Mapa de ortomosaico RG del sitio de muestreo externo al sitio de proyecto 5. 64
Figura 41. Mapa de ortomosaico RG del sitio de muestreo externo al sitio de proyecto 6. 66
Figura 42. Tipos de vegetación del sitio de acuerdo con el INEGI 2018. 69
Figura 43. Mapa de uso de suelo y vegetación en el sitio del proyecto nov 2025.....71
Figura 44. Localización del área de vuelo multiespectral en relación con el área del proyecto. 72
Figura 45. Ortomosaico de la zona de cultivo, utilizando las bandas del especto visible (3-2-1). 73
Figura 46. NDVI de la zona de vuelo multiespectral.....74
Figura 47. Cedro americano (Cedrela odorata) en el SAR. 75
Figura 48. Passiflora sublanceolata en el área del proyecto. 77
Figura 49. Ipomoea indica invadiendo las zonas de bosque cultivado.....77
Figura 50. Pitahaya (Selenicereus undatus) en el sistema ambiental regional.....78
Figura 51. Árbol de Pich (Enterolobium cyclocarpum) en el SAR, enmedio de un cultivo de maíz.....78
Figura 52. Cultivo de palmas en el SAR, posiblemente palma de aceite (Elaeis guineensi). 79
Figura 53. Cultivo de teca (Tectona grandis) en el sitio del proyecto, bajo Constancia de Registro de Plantación Forestal Comercial (Bitácora 04/B6-0055/04/18 del 26 de julio del 2018).....79
Figura 54. Mesosphaerum suaveolens en el sitio del proyecto.....82
Figura 55. Colocación de cámaras en trampa en el sitio del proyecto. 84

Figura 56. Cámara trampa con infrarrojo (modelo Cuddeback IR-20 mp). 84
Figura 57. la Dra. Castillo y el coordinador del proyecto colocando micrófono ultrasónico para detección de murciélagos. 85
Figura 58. Uno de los dos dispositivos de grabado SM4BAT instalado y programado. 85
Figura 59. Huellas de mapache (Procyon lotor) en el sitio del proyecto. 86
Figura 60. Mapache atropellado en la carretera dentro del SAR. 87
Figura 61. Echo Meter Touch 2 Pro. 87
Figura 62. Huellas de Venado colablanca (Odocoileus virginianus) en el sitio del proyecto. 88
Figura 63. Huella de Pecarí de labios blancos (Pecari tajacu) en el sitio del proyecto. 89
Figura 64. Excreta de coyote (Canis latrans) en el sitio del proyecto. 90
Figura 65. Fotografía de dos ejemplares Urocyon cinereoargenteus tomada en el camino principal del área del proyecto. 90
Figura 66. Huellas de mapache (Procyon lotor) en el sitio del proyecto. 92
Figura 67. Mapache (Procyon lotor) capturado en cámaras trampa del sitio del proyecto. 92
Figura 68. Conejo cola de algodón serrano (Sylvilagus floridanus) encontrados en el sitio del proyecto. 94
Figura 69. Sciurus yucatanensis fotografiado en el sitio del proyecto. 96
Figura 70. Tyrannus melancholichus en el sitio del proyecto. 100
Figura 71. Milano (Elanus leucurus) en el sitio del proyecto. 101
Figura 72. Falco sparverius en la localidad de Tikinmul, dentro del SAR. 103
Figura 73. Ejemplificación del método punto de conteo de 3 bandas para monitoreo de aves. 104
Figura 74. Localización espacial de los puntos de muestreo de aves en el área del proyecto. 105
Figura 75. Localización espacial de los puntos de muestreo de aves en el SAR. 106
Figura 76. Tigrisoma mexicanum en el sitio del proyecto. 108
Figura 77. Gráfica de relación de número de especies encontradas en el área del proyecto y en el SAR. 108
Figura 78. Fotografía de Zenaida asiatica tomada en el predio La Loma (área del proyecto). 112
Figura 79. Rupornis magnirostris en el sitio del proyecto. 112
Figura 80. Piranga rubra en el SAR. 113
Figura 81. Culebra de rayas negras (Coniophanes imperialis) en el sitio del proyecto. 115
Figura 82. Muda de Drymarchon melanurus encontrada en el sitio del proyecto. 116
Figura 83. Iguana negra (Ctenosaura similis) en las zonas urbanizadas en el SAR. 118

Figura 84. MC Francisca Zayas capturando ejemplar de Boa imperator en el sitio del proyecto. *120*
Figura 85. Sapo costero (Incilius valliceps) en el sitio del proyecto. *121*
Figura 86. Leptodactylus fragilis siendo devorada por Coniophanes imperialis en el sitio. *122*
Figura 87. Ctenosaura similis en el sitio del proyecto. *122*
Figura 88. Mapa de áreas naturales protegidas federales y ADVCs. *126*
Figura 89. Mapa de regiones terrestres prioritarias y el SAR. *127*
Figura 90. Mapa de AICAs y el SAR. *128*
Figura 91. Mapa de regiones hidrológicas prioritarias y el SAR. *129*
Figura 92. Mapa de la región hidrológica prioritaria "Anillo de Cenotes", la localización de los cenotes de México y el SAR. *130*
Figura 93. Mapa de los sitios RAMSAR en las cercanías del SAR. *131*
Figura 94. Localidades del SAR. *132*
Figura 95. Localidades del SAR clasificadas por tamaño. *133*
Figura 96. Carretera estatal 261 en las inmediaciones del sitio del proyecto. *136*
Figura 97. Habitantes de la zona transportándose por la zona en motocicletas. *137*
Figura 98. Letrero indicando dirección a estación Edzna en Cayal, Campeche. *137*
Figura 99. Mapa de vías de comunicación. *138*
Figura 100. Expendio de agroquímicos en Castamay, Campeche. *138*
Figura 101. Limones cultivados en el SAR a la venta en Cayal. *140*
Figura 102. Sergio y Amado, hermanos que venden pozol diariamente en la comunidad de Tikinmul. *140*
Figura 103. Fotografía con dron de una de las unidades de producción avícola tecnificada en el SAR. *141*
Figura 104. Mapa de sitios de producción avícola identificados por imágenes de satélite. *142*
Figura 105. Letrero en la entrada de una unidad de manejo avícola en el SAR. *143*
Figura 106. Mapa de la naturalidad de la vegetación en el SAR. *144*
Figura 107. Mapa de índice de integridad ecosistémica del 2004. ..... *147*
Figura 108. Mapa de índice de integridad ecosistémica del 2018. ..... *148*
Figura 109. Mapa de cambio en el índice de integridad ecológica 2004-2018. ..... *149*
Figura 110. Contenedores para el transporte de agroquímicos en el sitio del proyecto. *150*
Figura 111. Avioneta fumigadora pasando sobre el sitio del proyecto. *151*
Figura 112. Ipomoea indica cubriendo una zona recientemente desmontada. *152*

4. Capítulo IV: Descripción del sistema ambiental regional (SAR) y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región

4.1. Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional (SAR) donde pretende establecer el Proyecto

4.1.1. Metodología

Se llevó a cabo una primera iteración, utilizando el archivo de cuencas anidadas de The Nature Conservancy (Petry & Sotomayor, 2009), seleccionando aquellas que, por corrientes superficiales modeladas con el continuo de elevación digital del INEGI en su versión cuatro, mostraron posibles avenidas para que se desplace el agua de lluvia. A esas unidades se les agregó un área de amortiguamiento de al menos 2,000 metros para el decaimiento de los potenciales impactos de polvo y ruido, en una aproximación en concordancia con delimitaciones basadas en traslapes geográficos de posibles impacto de SEMARNAT (2020).

Esta fue revisada posteriormente basándonos en los procesos hidrológicos superficiales como motor primario para la transferencia de materia y energía, así como de los impactos. Utilizando la modelación de corrientes superficiales con el modelo de terreno del continuo de elevaciones de México (INEGI, 2025) se localizaron las rutas por las que el agua correría bajo el supuesto de no ser interrumpidas por la vegetación o el tipo de suelo. Con ellas se localizó en punto de descarga potencial en la zona de descarga final (donde el flujo superficial deja de ser evidente, en este caso con la localización del punto de terminación del dren auxiliar creado por la CONAGUA para mejorar el desfogue de inundaciones) y a partir de ese punto se hizo una delineación de cuenca con AUTOMATED GEOSPATIAL WATERSHED ASSESSMENT (AGWA) en plataforma ESRI (Miller et al., 2002; USDA-ARS, 2020). El mapa de delineación de cuenca resultante se muestra a continuación:



Figura 1. Mapa de delineación de cuenca modelado en AGWA.

Con la misma herramienta, de llevó a cabo el proceso de discretización, que es básicamente la separación de la cuenca en subunidades coherentes en transferencia hidrológica y que sean susceptibles de tener análisis separado debido a sus planos independentes pero interconectados a través de canales de descarga. Para ello se estableció un CSA de 2.5% de la cuenca. En la discretización de cuencas hidrográficas, CSA significa "Critical Source Area" (Área de Fuente Crítica) de acuerdo con Ogwo et al. (2020).

Una vez discretizada la zona, se seleccionaron aquellas subcuencas que pudieran participar en el transporte de impactos, asegurándose de mantener el límite de 2 Km (distancia euclideana) con el sitio del proyecto. El siguiente mapa muestra el resultado de la discretización, así como el SAR resultante y el sitio de desarrollo propuesto del proyecto:

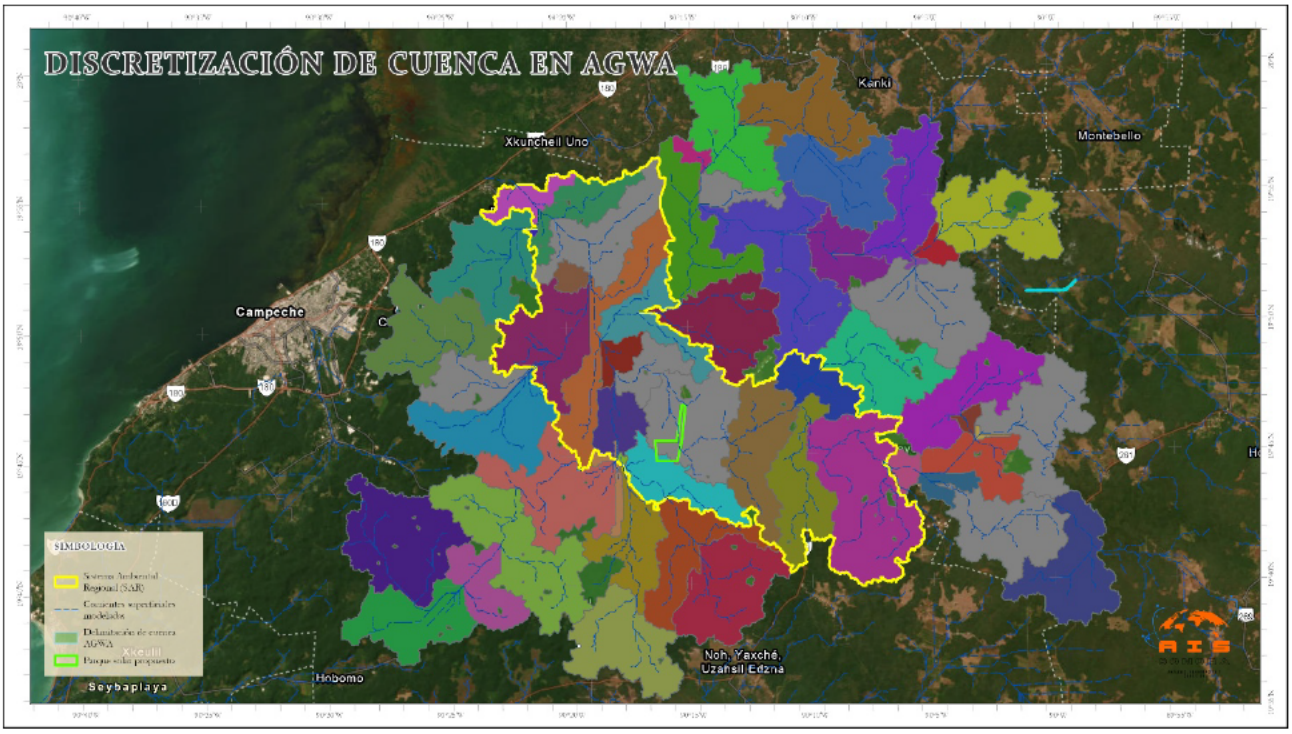


Figura 2. Mapa de discretización de cuenca modelado en AGWA.

4.2. Caracterización del sistema ambiental regional: Medio abiótico

4.2.1. Clima y fenómenos meteorológicos

Tipos de clima en el SAR

La caracterización climática se basó en el mapa de climas de México basado en Köppen, modificado por Enriqueta García (García, 2001) y descrito de acuerdo con García (2004); INEGI (2021).

En este contexto, el SAR se localiza en zonas donde predominan unidades de clima cálido subhúmedo, que corresponden a regiones donde la variación de los elementos meteorológicos registrada a lo largo de periodos prolongados define temperaturas cálidas durante todo el año y una clara concentración de lluvias en el verano, característicos de los climas tropicales del sureste de México.

En el SAR, las zonas costeras del norte presentan menor humedad y mayor sequía invernal debido a su baja altitud y exposición a los vientos secos del norte, lo que favorece el predominio del clima $Aw_0(w)$. En contraste, las áreas más interiores, poseen ligera elevación y mayor cobertura vegetal, lo que favorece la retención de humedad y lluvias más regulares propias del clima Aw_0.

A continuación, se presenta una breve descripción de los tipos de clima presentes en el SAR:

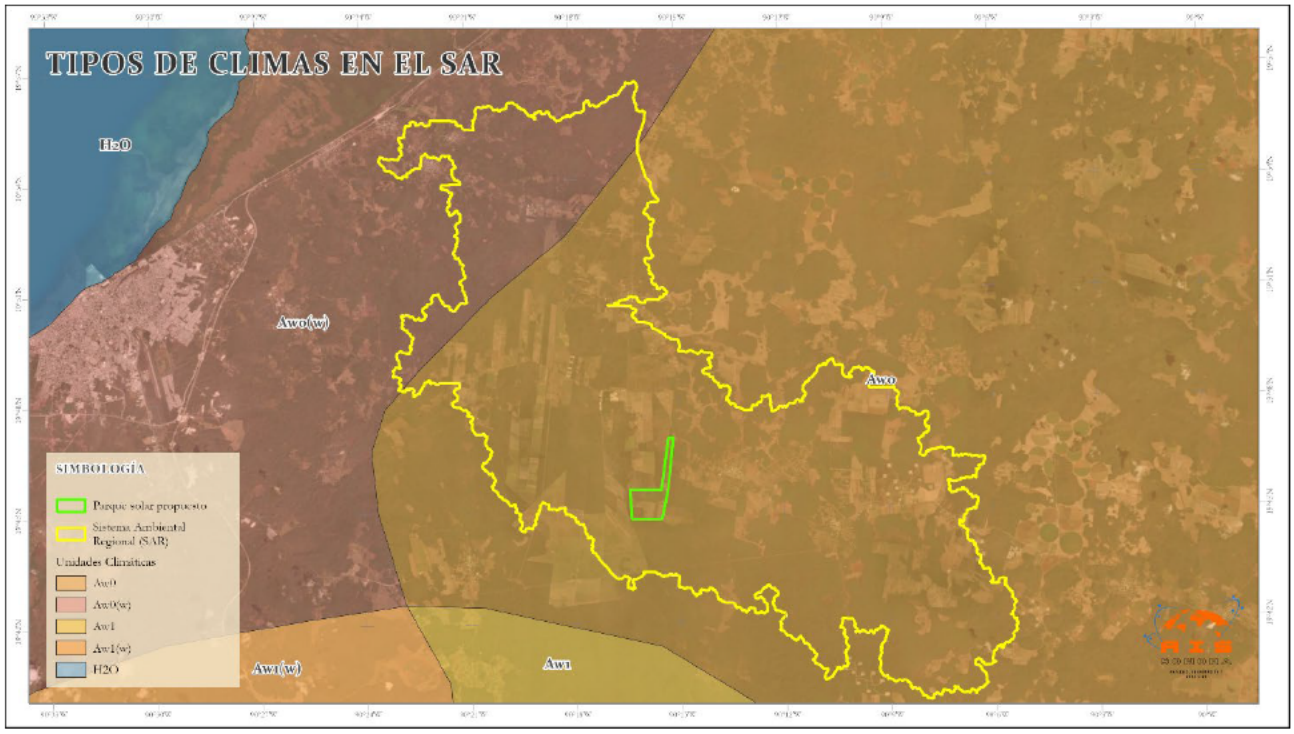


Figura 3. Mapa de tipos de clima en el SAR.

Aw_0: Cálido, subhúmedo. temperatura media del mes más frío mayor de 18°C y temperatura media anual mayor de 22 °. Con lluvias concentradas en el periodo de mayo a octubre y estación seca definida de noviembre a abril. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm y porcentaje de lluvia invernal inferior al 5 % del total anual. P/T menor de 43.2. con una estación seca más prolongada.

Aw_0(w):Cálido, subhúmedo. temperatura media del mes más frío mayor de 18°C y temperatura media anual mayor de 22 °. Con lluvias concentradas en el periodo de mayo a octubre y estación seca definida de noviembre a abril. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm y porcentaje de lluvia invernal inferior al 5 % del total anual. P/T menor de 43.2. con una estación seca más prolongada.

Los climas cálidos subhúmedos presentes en el SAR son favorables para el ambiente y las actividades humanas, ya que mantienen temperaturas estables y lluvias suficientes en verano. Estas condiciones permiten el desarrollo de la vegetación, la recarga de agua y un equilibrio natural del ecosistema durante todo el año.

Estaciones meteorológicas

La información climatológica fue obtenida de la base de datos en línea de la CONAGUA (CONAGUA, 2025) y el Servicio Meteorológico Nacional, de las estaciones que se encuentran en operación de los datos diarios disponibles con fecha de descarga del 29 de octubre de 2025.

Para el análisis climático del área del proyecto se consideraron las estaciones meteorológicas más cercanas: 4003, 4012, 4023, 4038, 4053, 4058, 4059, 4063, 4068, 4071, 4075 y 4084.

La información registrada en estas estaciones permitió analizar la precipitación media anual y mensual promedio por estación, así como el promedio de las temperaturas mínimas y máximas promedio, representativas del entorno del proyecto.

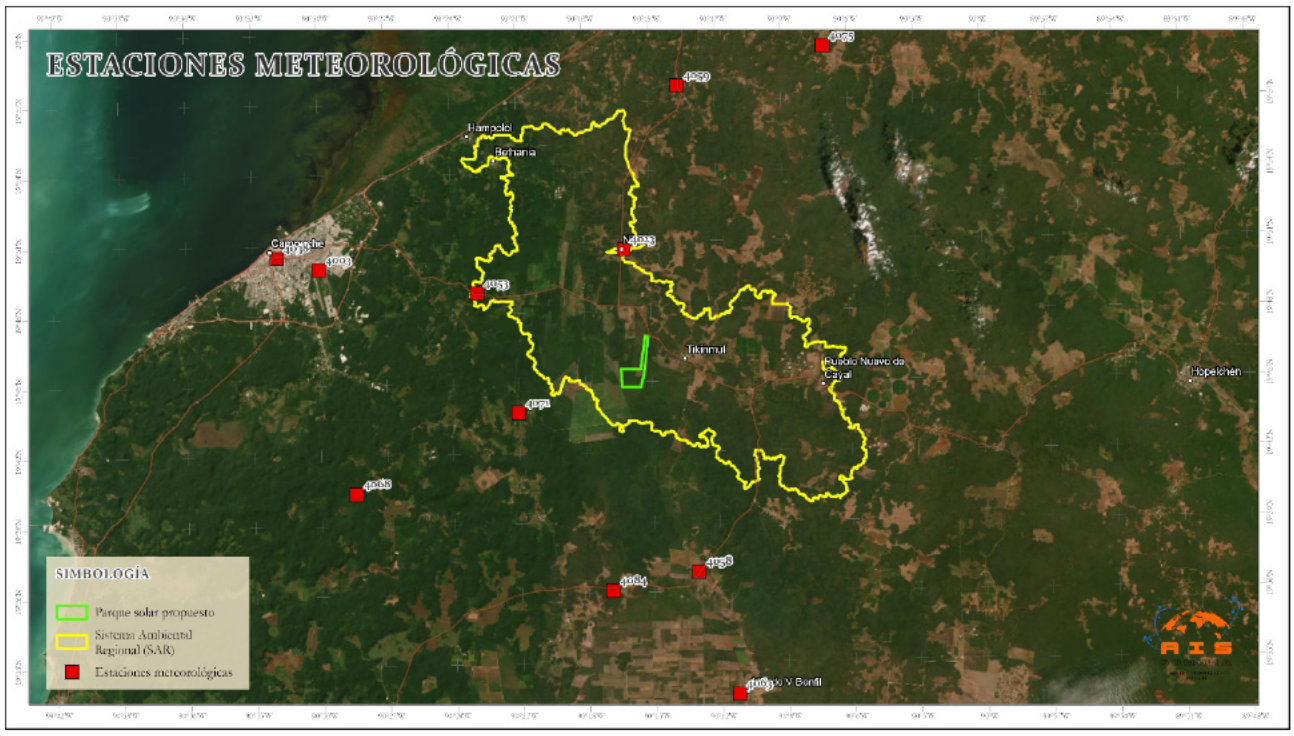


Figura 4. Mapa de estaciones meteorológicas cercanas al SAR.

Distribución de las precipitaciones

Para conocer las condiciones de precipitación en el SAR se tomaron en cuenta las 12 estaciones meteorológicas más cercanas al área (4003, 4012, 4023, 4038, 4053, 4058, 4059, 4063, 4068, 4071, 4075, 4084).

Para los valores de precipitación se tomaron los datos de la precipitación promedio anual por estación. La estación que registra el mayor promedio es la 4012 con 1,315.1 mm, y la de menor promedio es la estación 4003 con 1,315.1, esto indica que la precipitación varía entre las estaciones, pero no de forma drástica (rango total es de 282.2 mm), lo que indica los rangos de un régimen de humedad moderado, de acuerdo con la siguiente tabla, tomada de la Guía para la Interpretación de Cartografía Climatológica (INEGI, 2005a)

Cuadro núm. 8

Isoyeta media anual en mm	Régimen de humedad	Posibilidades agrícolas
menos de 300	muy seco	El riego es imprescindible, si se quiere hacer uso agrícola
300-700	semiseco	Temporal muy arriesgado
700-1 500	moderadamente húmedo	Temporal razonablemente aceptable
1 500-2 500/3 000	húmedo	Variadas; tierras de temporal hasta tierras de humedad
más de 2 500/3 000	muy húmedo	Generalmente tierras de humedad

Figura 5. Algunos límites que imponen las precipitaciones a la agricultura (INEGI, 2005)

En cuanto a la precipitación promedio por mes la lluvia varía a lo largo del año. Se observa que los meses con más precipitación son junio, agosto y septiembre, cuando las lluvias aumentan de forma notable. El descenso de lluvia en julio corresponde a la canícula, un periodo temporal de menor precipitación dentro de la temporada de lluvias, un fenómeno común en México. En cambio, de noviembre a abril las lluvias son muy escasas, con valores mínimos en marzo y abril.

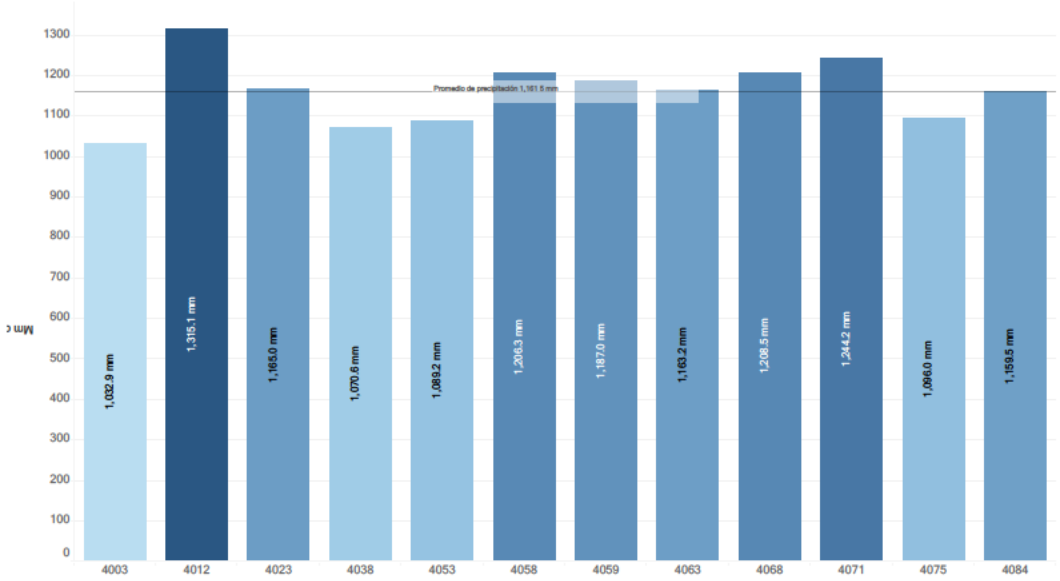


Figura 6. Gráfica de precipitación anual promedio de las estaciones meteorológicas.

Este comportamiento indica que la zona tiene una temporada de lluvias bien definida en verano y una época seca en invierno y primavera, lo que muestra que el clima de la zona sigue un ritmo regular que se repite cada año, típico del clima cálido subhúmedo del área, como se evidencia en la gráfica de promedios circanuales de precipitación:

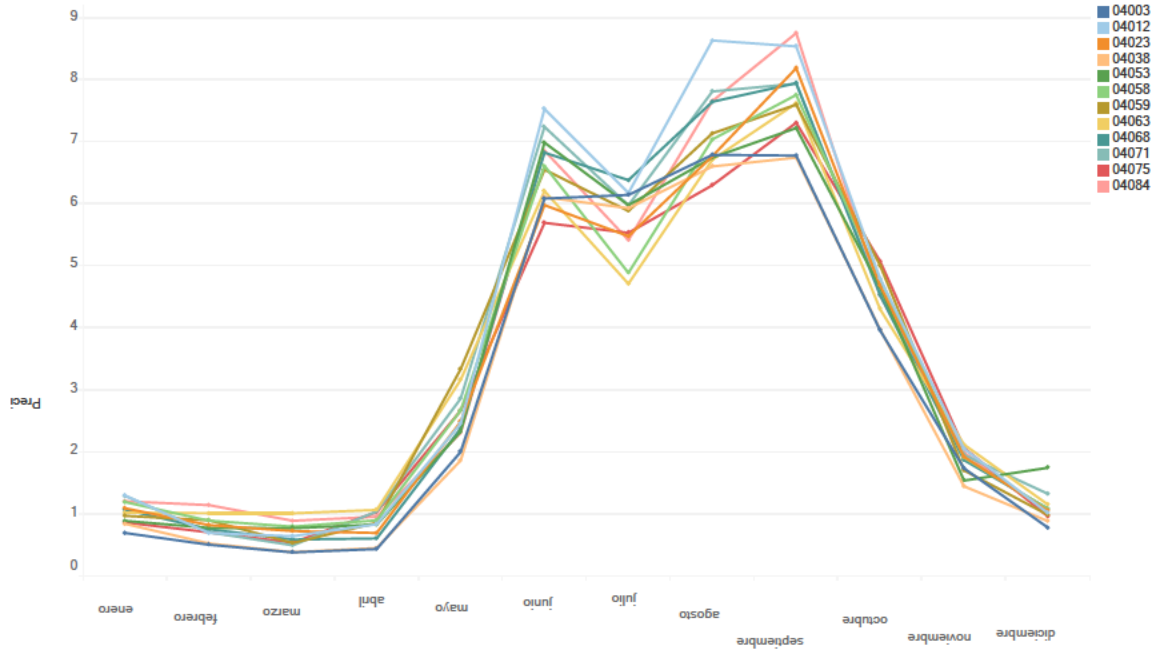


Figura 7. Distribución circanual promedio de la precipitación por estación.

Sequía

De acuerdo con los datos del CENAPRED (2012) el grado de peligro por sequía para el SAR es bajo, lo que indica condiciones climáticas favorables y una baja susceptibilidad a eventos de sequía severa. Lo anterior indica que en el SAR se mantiene disponibilidad hídrica estable y un ambiente climático equilibrado.

Vale la pena mencionar que la unidad de análisis para esta capa de información son los municipios (de acuerdo con el manejo de datos que hace CONAGUA para sus diagnósticos) lo que conlleva una baja capacidad de discriminación espacial (escala 1:2,000,000).

El siguiente mapa muestra el contexto regional de niveles de riesgo de sequía, de acuerdo con la definición de CONAPRED. Vale la pena mencionar que la sequía tradicionalmente es definida como la posibilidad de desviación de valores normales más que bajos valores en precipitación (recordemos que la zona tiene más de un metro de precipitación anual y que es raro tener años con menos de 800 mm por estación.

La siguiente gráfica muestra la precipitación acumulada de las estaciones más completas, usando un promedio flotante (moving average) de cuatro años:

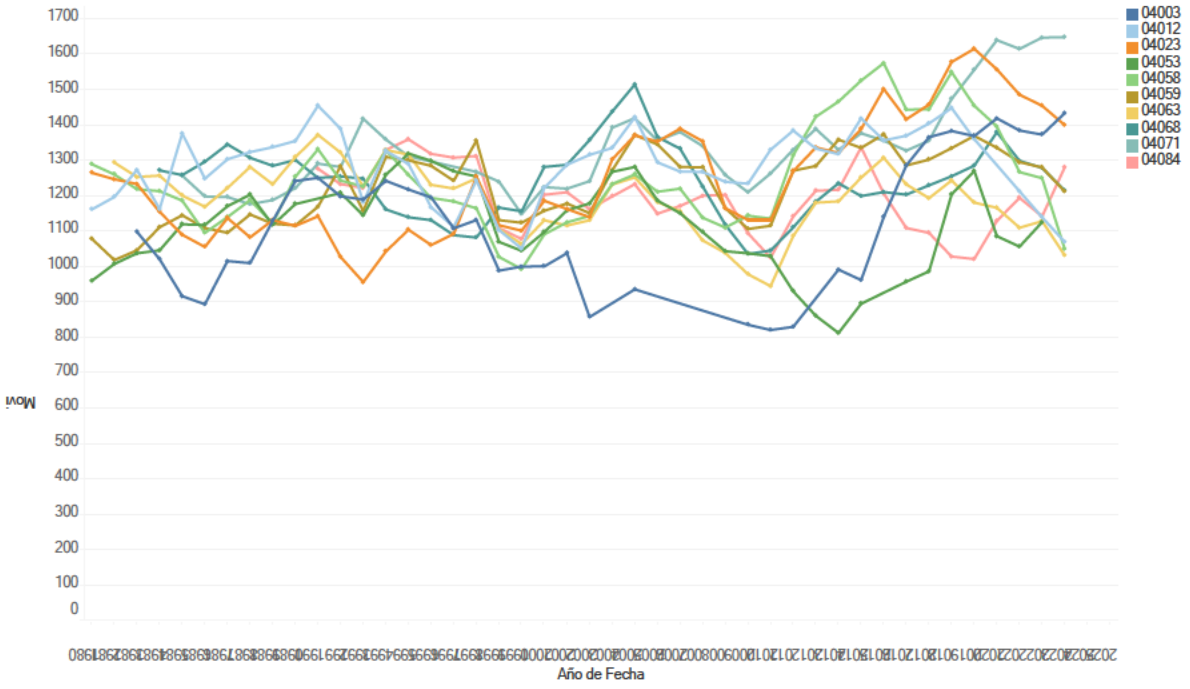


Figura 8. Gráfica de precipitación acumulada anual en estaciones cercanas al SAR (moving average de cuatro).

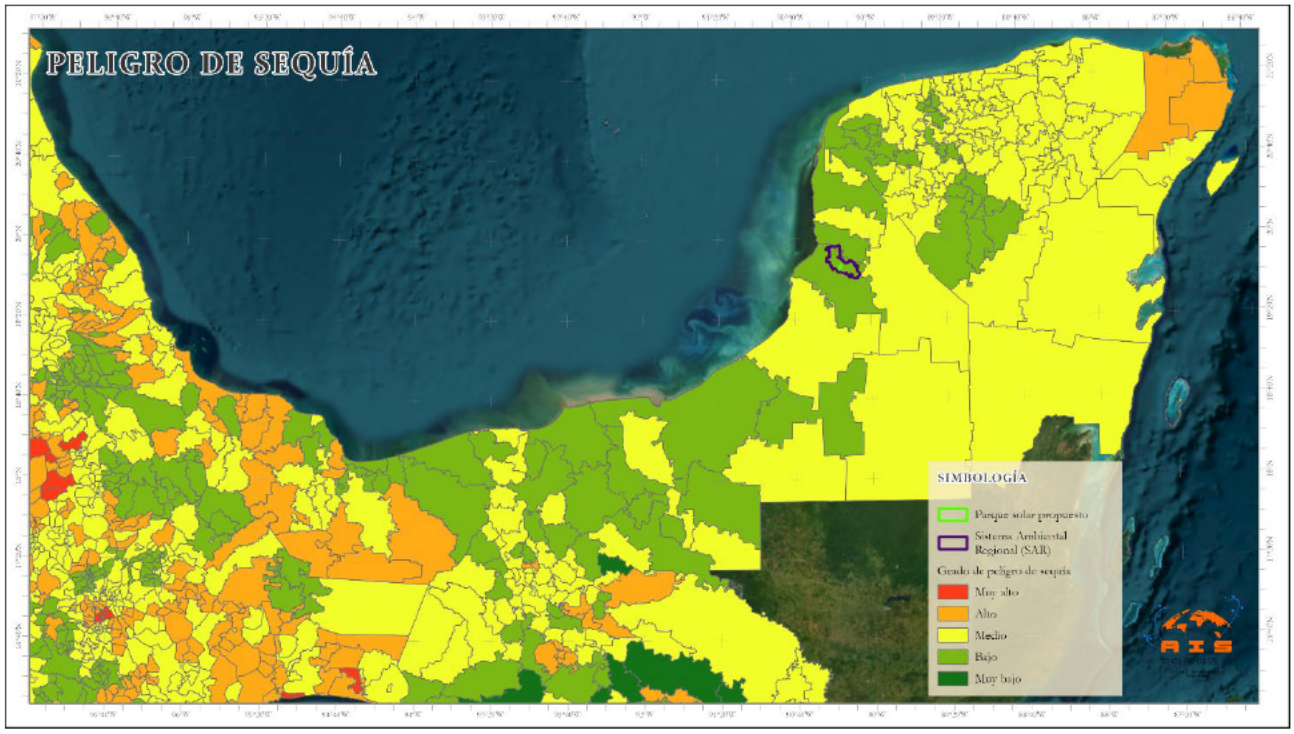


Figura 9. Mapa de peligro de sequía (nivel municipal).

Temperaturas mínimas y máximas

En cuanto a las temperaturas máximas promedio anual registrada en las 12 estaciones meteorológicas entre 1980 y 2024 se consideran estables, con valores que oscilan entre 33°C y 36°C.

Tienen pequeñas variaciones normales a lo largo del tiempo, con algunos picos más cálidos como el registrado en 2022 con 40.1°C (media 33.5°C), y un descenso notable en 2012 con 22.9°C, que probablemente corresponden a eventos atípicos o condiciones climáticas excepcionales de ese año.

En conjunto, las estaciones muestran un comportamiento similar, lo que indica que la región tiene un clima cálido constante, sin cambios bruscos ni señales de que las temperaturas estén subiendo de forma evidente. Estas condiciones reflejan un ambiente térmico estable.

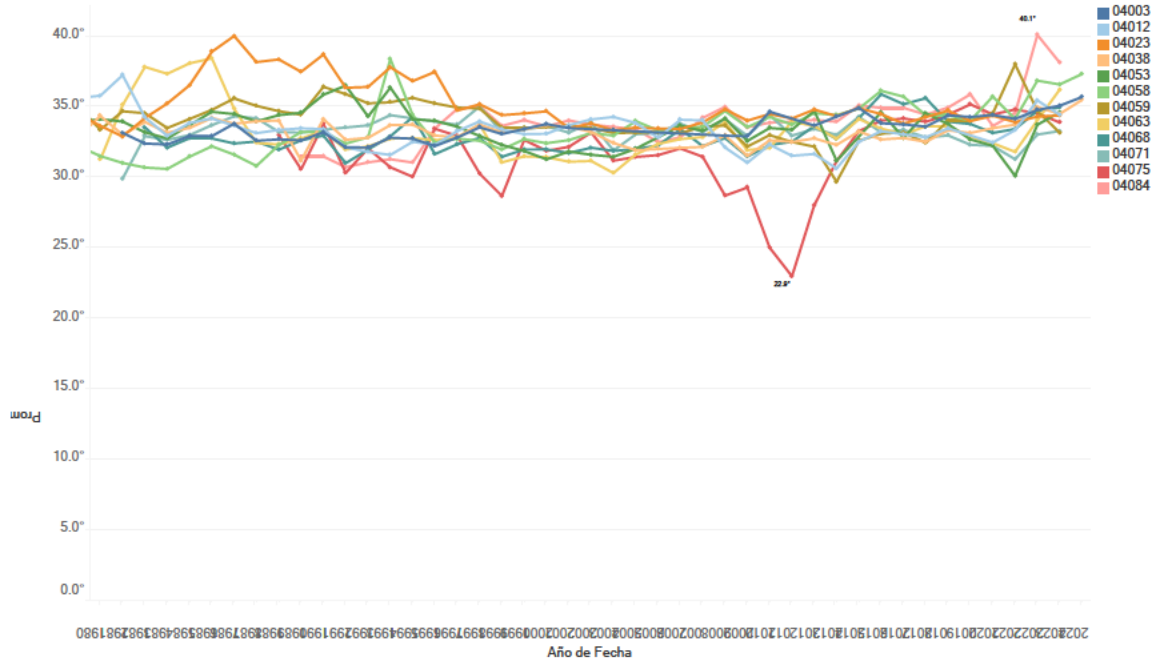


Figura 10. Gráfica del comportamiento de la temperatura máxima promedio anual para las estaciones climatológicas.

Con relación al comportamiento de la temperatura mínima promedio anual, desde 1980 hasta 2024, los valores se mantienen entre 17°C y 21°C (media 19.1°C), lo que indica que los días son cálidos durante la mayor parte del año.

Cuentan con ligeras variaciones normales entre años, con un valor mínimo de 12.3 °C y un máximo de 26.1 °C. Estas diferencias pueden deberse a condiciones climáticas naturales.

De manera general los datos reflejan un clima estable y cálido, sin descensos fuertes de temperatura. Esto sugiere que la zona mantiene condiciones térmicas favorables para la vegetación y las actividades humanas, con bajo riesgo de heladas o fríos extremos.

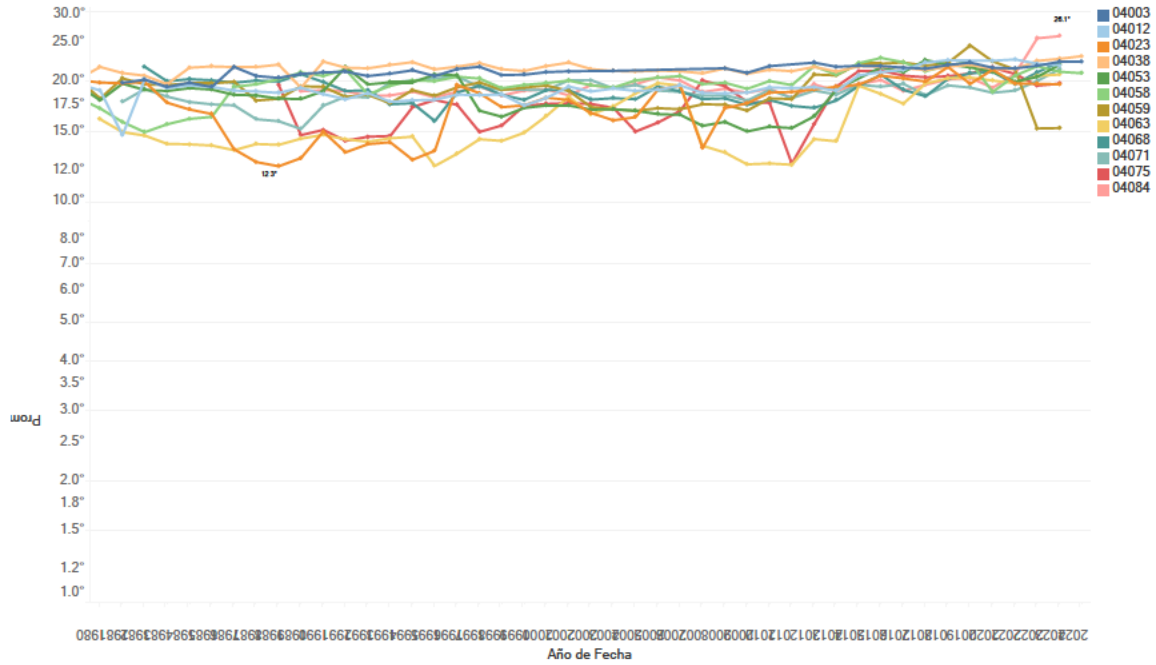


Figura 11. Gráfica del comportamiento de la temperatura mínima promedio anual para las estaciones climatológicas.

Tormentas y huracanes

La Península de Yucatán se ubica en una zona de alta incidencia de huracanes y tormentas tropicales, debido a su exposición al Golfo de México y al Mar Caribe. El SAR se localiza dentro de esta zona de influencia ciclónica; según los registros del año 2012 (NOAA, 2012), la presencia de numerosas trayectorias de tormentas y huracanes indica una exposición significativa a fenómenos meteorológicos. Aunque no todas las trayectorias impactan directamente el área, la cercanía de estos sistemas genera efectos indirectos como incremento en la precipitación, vientos fuertes, saturación de suelos e inundaciones temporales.

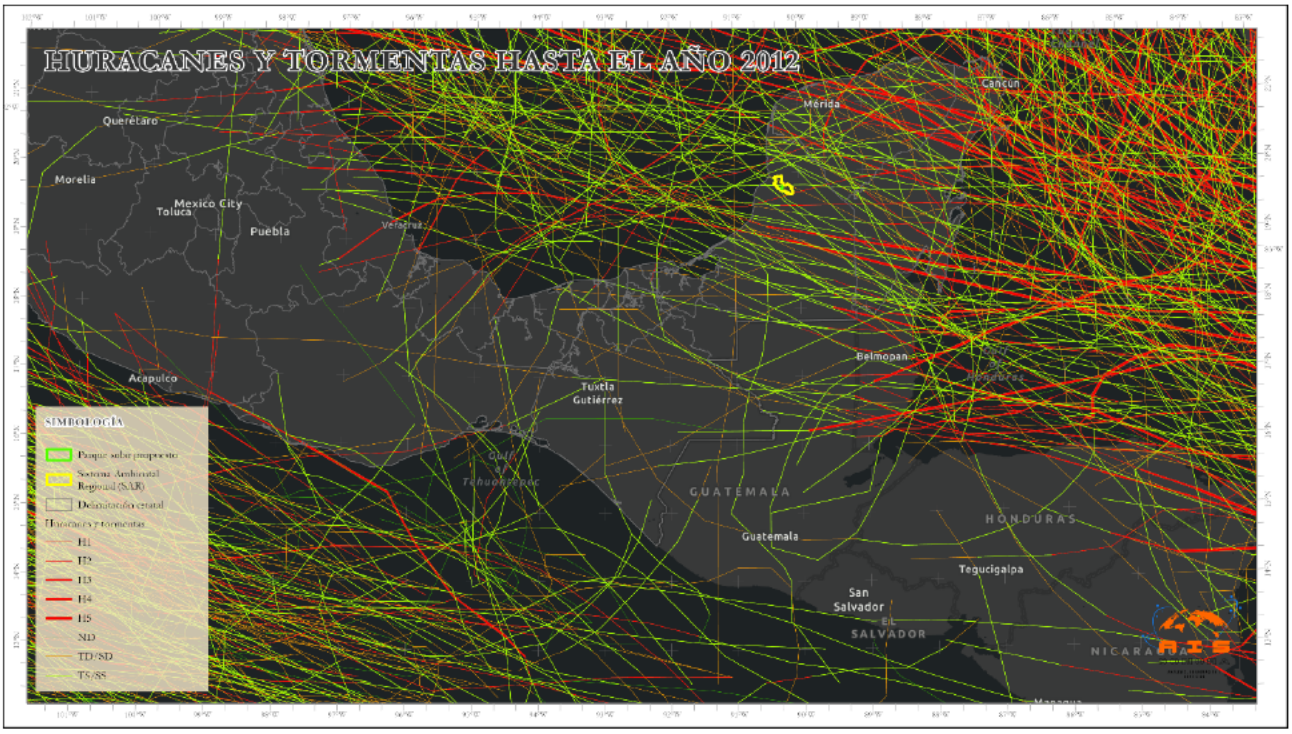


Figura 12. Mapa de ruta de los eventos meteorológicos importantes (desde depresión tropical hasta huracanes H5).

4.2.2. Geología y Geomorfología

Geología del SAR

El marco geológico corresponde a la era cenozoica, dentro de la cual se identifican materiales sedimentarios de caliza y depósitos cuaternarios recientes de origen aluvial y residual.

De manera general, el territorio delimitado por el SAR presenta una composición litológica dominada por calizas asociadas a ambientes sedimentarios marinos someros, característicos del Paleógeno, además de zonas cubiertas por depósitos cuaternarios los cuales se clasifican en aluviales y residuales. Los depósitos aluviales se asocian a materiales transportados y acumulados provenientes principalmente de la erosión de afloramientos rocosos ubicados en zonas elevadas, conformados por calizas paleógenas. Por su parte, los depósitos residuales se originan in situ, a partir de procesos de meteorización de la roca madre.

Estos procesos reflejan una evolución geológica estable, ya que el terreno del SAR está conformado principalmente por calizas consolidadas, rocas de alta resistencia mecánica y baja susceptibilidad a deformaciones, lo que indica un substrato firme y consistente.

En cuanto a los depósitos aluviales y residuales, los cuales se localizan principalmente dentro del área destinada al parque solar, no implican problemas para el terreno, ya que se distribuyen en zonas planas y de baja energía hídrica, asociadas a procesos naturales de erosión y acumulación que no afectan la estabilidad del terreno.

En relación con las estructuras geológicas, se identifican principalmente fracturas y dolinas asociadas al carácter kárstico de las calizas, con nula presencia de fallas. Estas estructuras son propias del medio carbonatado.

Las siguientes descripciones de tipos de litología (INEGI, 2005b) y su ubicación dentro del área (INEGI, 1983):

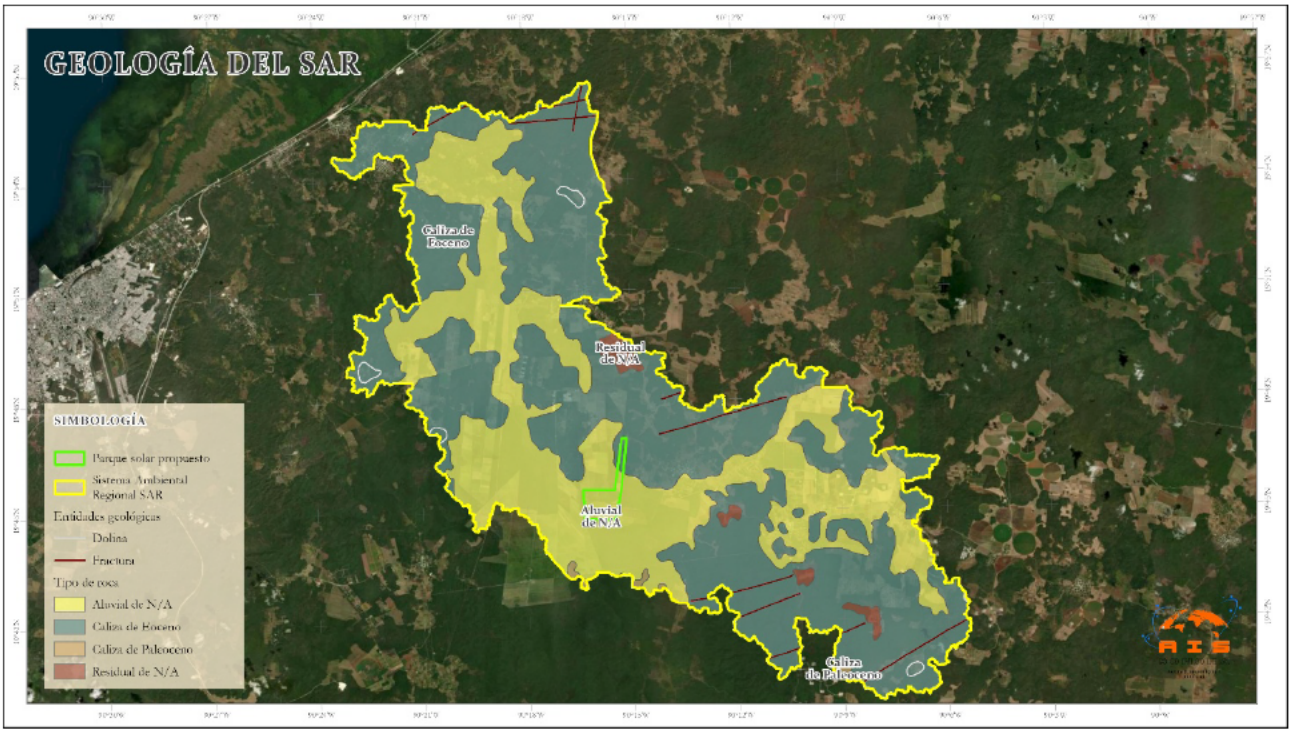


Figura 13. Mapa de tipos geológicos en el sistema ambiental regional.

Te(cz) – Caliza del Eoceno (Cenozoico): roca compacta y recristalizada, compuesta principalmente por carbonato de calcio ($CaCO_3$). Depositada en ambientes marinos cálidos y poco profundos durante el Eoceno. De baja porosidad, coloraciones blanquecinas a grisáceas y un alto grado de consolidación debido a procesos diagenéticos prolongados.

Esta unidad predomina en la zona norte y noreste del SAR, extendiéndose desde las inmediaciones de Bethania y Nilchi, hasta la parte sureste del SAR, aparece en parches amplios intercalados con depósitos cuaternarios. Su localización coincide con las áreas más elevadas y consolidadas del terreno.

Tpal(cz) – Caliza del Paleoceno (Cenozoico): roca sedimentaria de composición carbonatada, originada en ambientes marinos someros durante el Paleoceno. Presenta una textura masiva y tonalidades de blanco a gris claro, con presencia ocasional de fósiles marinos. Su grado de consolidación es medio y puede presentar intercalaciones con lutitas o margas.

Se localiza principalmente en el sector sur y suroeste del SAR, corresponde a calizas más antiguas. Se observan en superficies ligeramente más bajas que las calizas del Eoceno.

Q(re) – Depósitos residuales (Cuaternario): conformado por una capa de material intemperizado, de rocas preexistentes, que no ha tenido transporte alguno.

Se distribuyen de forma dispersa en el centro y oriente del SAR, alrededor de Nilchi, Tikinmul y Pueblo Nuevo de Cayal, ocupando zonas intermedias entre los afloramientos de calizas y los depósitos aluviales, reflejando condiciones de escasa actividad de escurrimiento superficial.

Q(al) – Depósitos aluviales (Cuaternario): suelo formado por el depósito de materiales sueltos (gravas y arenas) provenientes de rocas preexistentes, que han sido transportados por corrientes superficiales de agua. Este nombre incluye a los depósitos que ocurren en las llanuras de inundación y los valles de los ríos.

Se observan en sectores bajos y planos del área central, particularmente en la parte central y suroeste del SAR, siguiendo las trayectorias naturales del flujo superficial del agua.

Provincias y subprovincias fisiográficas del SAR

El SAR se localiza completamente dentro de la provincia fisiográfica de la Península de Yucatán, situada en el sureste de México. De acuerdo con (INEGI, 2001a), esta provincia abarca la totalidad de los estados de Yucatán y Quintana Roo, así como una parte del estado de Campeche. Limita al norte con el Golfo de México, al este con el Mar Caribe, al suroeste con la provincia de la Llanura Costera del Golfo Sur.



Figura 14. Mapa de provincias fisiográficas en el sistema ambiental regional.

La Península de Yucatán conforma un extenso bloque estructural compuesto principalmente por una plataforma calcárea de origen marino, el cual comenzó su proceso de emergencia hace aproximadamente 26 millones de años, dando origen a la actual superficie peninsular, por lo que predomina un relieve uniforme y de escasa altura sobre el nivel del mar. Esta provincia fisiográfica se subdivide en tres subprovincias: Carso Yucateco, Carso y Lomeríos de Campeche y Costa Baja de Quintana Roo.

El SAR se localiza dentro de las subprovincias Carso Yucateco y Carso Lomeríos de Campeche (INEGI, 2001b):

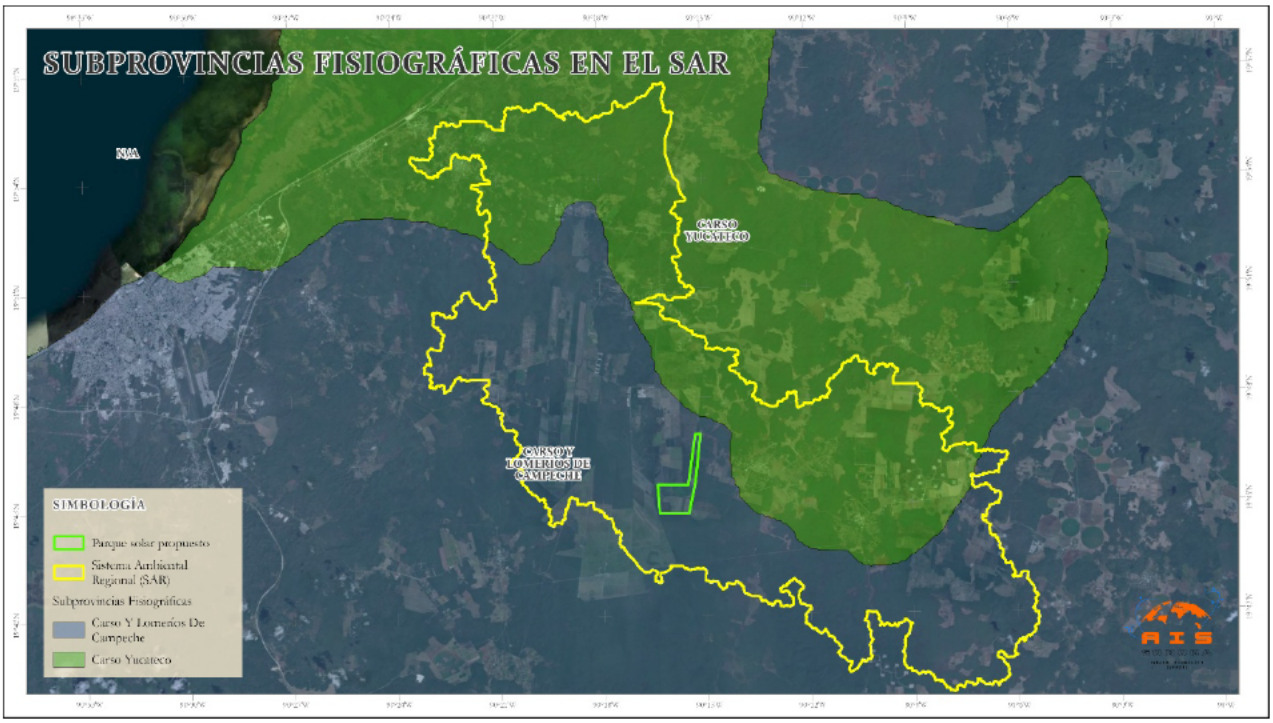


Figura 15. Mapa de subprovincias fisiográficas en el sistema ambiental regional.

Carso Yucateco: se encuentra en la porción norte y noreste del SAR, extendiéndose hacia el centro-norte, y caracterizada por un relieve plano a suavemente ondulado. Predominan las formas kársticas desarrolladas en rocas calcáreas. El drenaje superficial es prácticamente inexistente, y la infiltración del agua a través del suelo poroso da origen a un sistema de acuíferos interconectados, característico de la región norte de la península.

Carso y Lomeríos de Campeche: ocupa la parte sur y suroeste del SAR, abarcando la mayor proporción del territorio en esa dirección, presenta un relieve ligeramente ondulado, con colinas bajas y lomeríos, constituida mayormente por calizas cársticas del

Paleoceno y Eoceno. Esta zona representa una transición entre las áreas planas del norte y las regiones de mayor elevación hacia el sur de Campeche.

En conjunto, estas subprovincias presentan un relieve uniforme y de baja altitud, dominado por procesos de disolución de calizas, con poca pendiente y alta permeabilidad del terreno.

Sistema de topoformas existentes en el SAR

Para conocer las características del relieve dentro del SAR, se utilizó el concepto de geomorfón de Jasiewicz and Stepinski (2013) implementado en ArcGIS Pro.

A partir de dicho algoritmo se reconoce patrones topográficos y asigna cada celda del terreno a una de diez categorías geomorfológicas: Flat, Peak, Ridge, Shoulder, Spur, Slope, Hollow, Footslope, Valley o Pit.

Los resultados muestran que el relieve del SAR es predominantemente plano a suavemente ondulado, con un claro predominio de las unidades Footslope, Shoulder, Flat y Slope, que representan las zonas de baja pendiente y superficies estables del terreno. Estas formas se localizan en terrenos de pendiente suave, con cambios graduales en la elevación.

Las unidades Ridge, Spur, Valley y Hollow se presentan de forma localizada, asociadas a pequeñas variaciones topográficas y a la red de drenaje superficial escasa.

Finalmente, las fomas Pit y Peak son muy escasas, indicando una morfología homogénea y sin relieves abruptos.

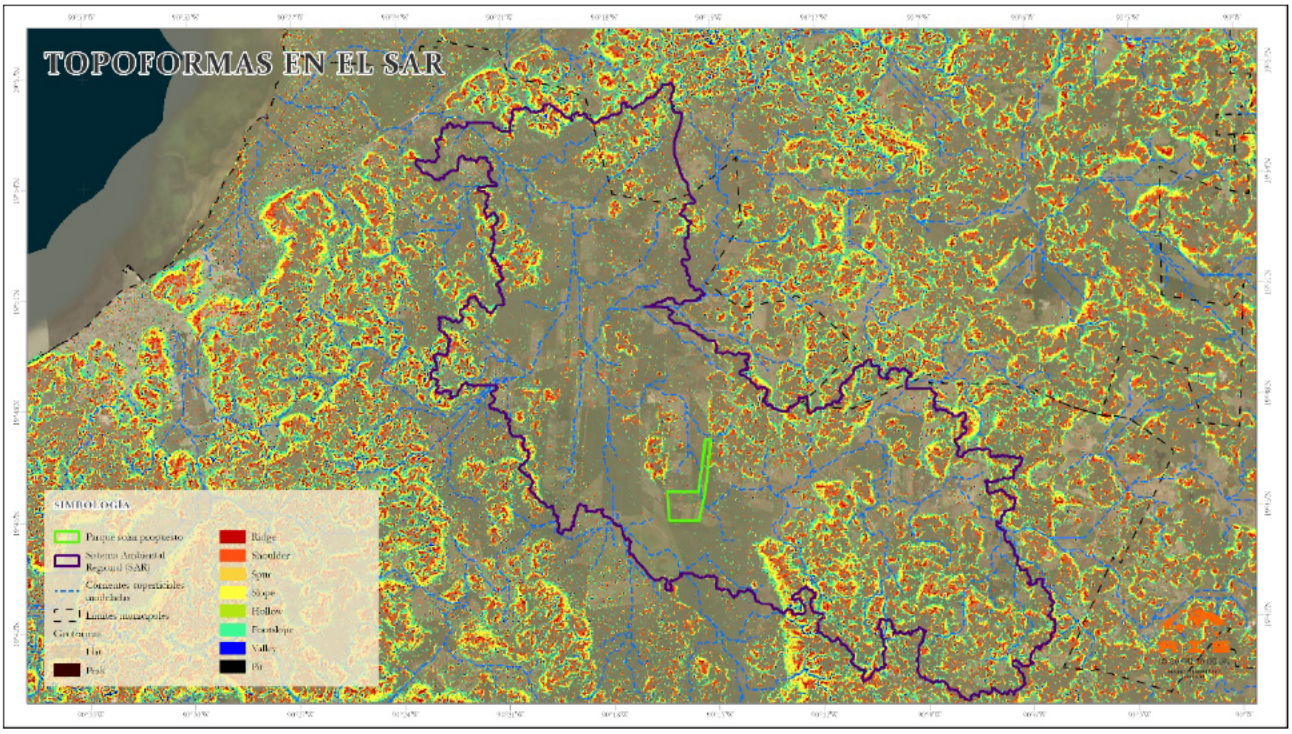


Figura 16. Mapa de topoformas del SAR y sus alrededores.

En términos geomorfológicos, el terreno del SAR presenta una topografía estable, de pendiente muy baja y sin rasgos abruptos o erosivos, lo que refleja las condiciones típicas de la llanura costera de Campeche.

El análisis también indica que la red de drenaje superficial es prácticamente inexistente, ya que las unidades asociadas a cauces o depresiones son mínimas y se presentan de manera aislada, donde al predominar superficies planas, sugiere baja escorrentía y predominio de infiltración.

Distribución de elevaciones en el SAR

A partir del modelo digital de elevación (DEM) de INEGI se analizó la distribución altitudinal dentro del polígono del SAR.

Se calcularon los estadísticos para la zona, los cuales arrojan resultados en donde las altitudes varían entre -5 metros y 153 metros sobre el nivel medio del mar, con una elevación media de 32.76 metros snm y una mediana de 20 msnmm.

El rango altitudinal de 158 metros refleja una baja variación del relieve, con predominio de llanuras bajas y suaves colinas, características de las zonas costeras y planas del sureste mexicano.

La desviación estándar de 29.34 m indica que la mayor parte del terreno se concentra en cotas bajas, sin presencia significativa de elevaciones abruptas.

Desde el punto de vista espacial, el análisis del modelo de elevación muestra un gradiente altitudinal ascendente desde el noroeste hacia el sureste del SAR:

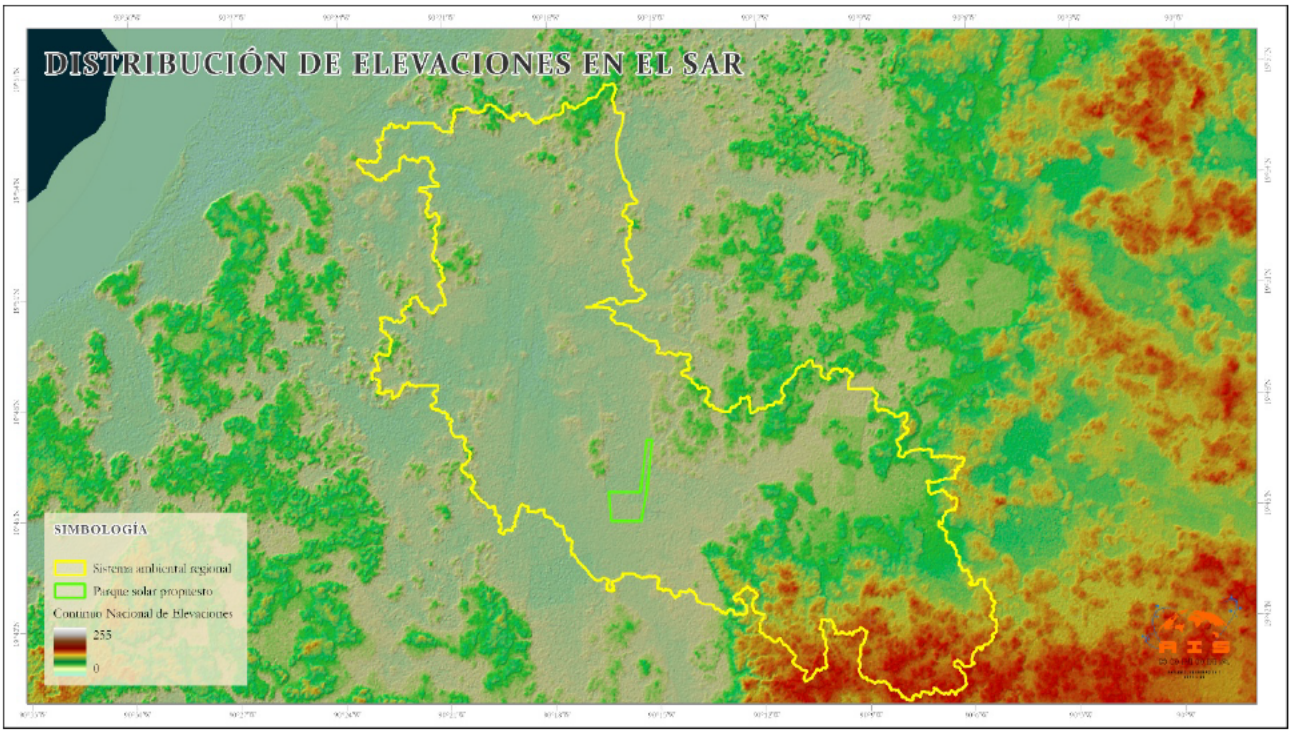


Figura 17. Mapa de relieve del sistema ambiental regional.

Zona Noroeste y Central: corresponden a las áreas de menor elevación, en donde se encuentra el Parque fotovoltáico, con valores que oscilan entre –5 y 40 m s.n.m. Presentan relieves planos o ligeramente ondulados, asociados con superficies de acumulación y baja energía de escurrimiento.

Zona Sureste: agrupa las altitudes más elevadas, alcanzando hasta 153 metros s.n.m. Se caracteriza por un relieve ondulado y más irregular, con pendientes ligeramente más pronunciadas, lo que indica una mayor energía del relieve y procesos erosivos algo más activos. No obstante, estas diferencias altitudinales son pequeñas en términos absolutos,

por lo que el terreno mantiene una morfología suavemente ondulada sin elevaciones significativas.

En términos generales, el SAR presenta un relieve plano a suavemente ondulado, en concordancia con la morfología característica del área, lo que indica condiciones topográficas favorables debido a la uniformidad del terreno.

Sismicidad en el SAR

El riesgo de sismicidad fue definido como una función de la ocurrencia histórica de sismos. Para el análisis espacial de la sismicidad en la zona de estudio, se aplicó el método de Densidad Kernel (Kernel Density) utilizando el concepto de Silverman (2018), ponderando con los valores de magnitud individuales. Este procedimiento permite generar una superficie continua que representa la distribución espacial de la concentración de eventos sísmicos, a partir de un conjunto de puntos georreferenciados correspondientes a los epicentros de sismos registrados por el Servicio Sismológico Nacional (SSNMX, 2025) con un total de 360,443 registros individuales.

El resultado del análisis evidencia un gradiente de sismicidad de suroeste a noreste, pasando de altamente sísmica en la costa del Pacífico a muy bajo en la zona del SAR.

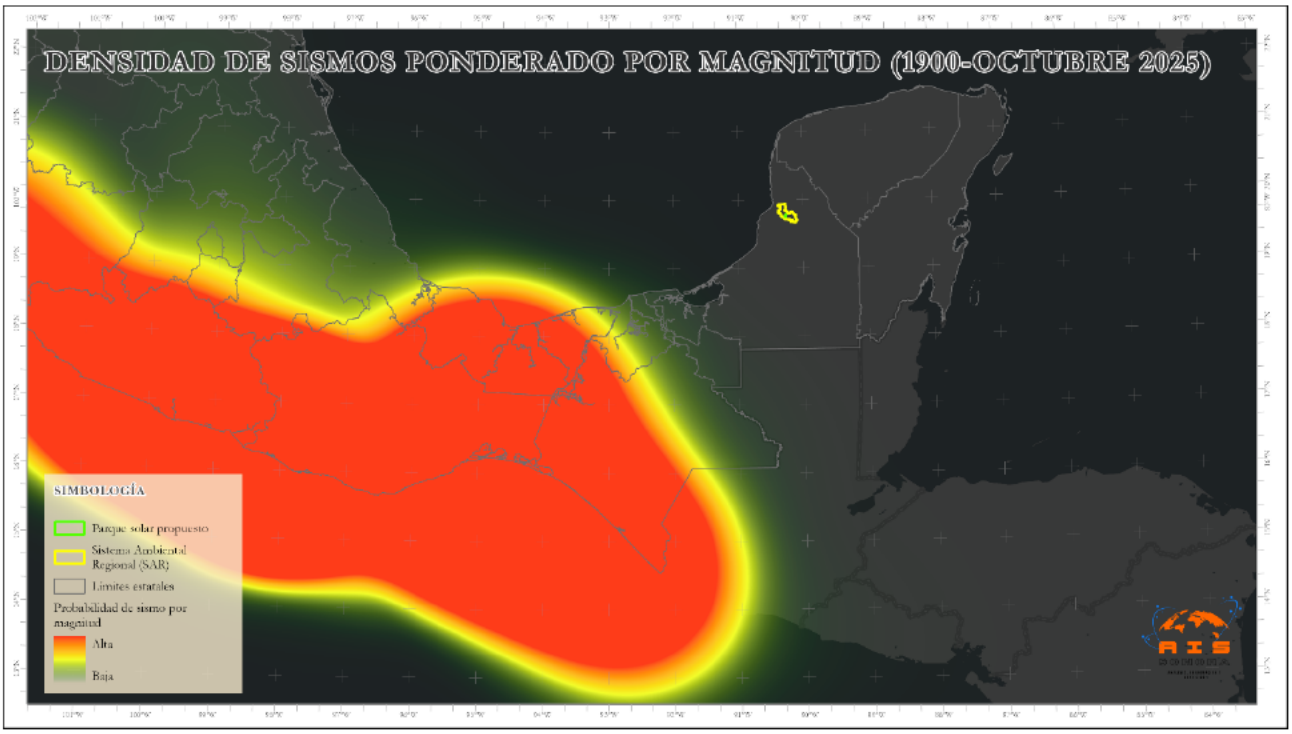


Figura 18. Mapa de dnesidad de sismos ponderado por magnitud.

Con el fin de identificar la actividad sísmica cercana al área del proyecto, se analizaron los eventos sísmicos registrados en un radio de 150 kilómetros alrededor del SAR, considerando este rango como el área de influencia sísmica directa. Como se mencionó anteriormente, la base de datos contempla un total de 360, 443 de eventos sísmicos de los cuales dentro del radio analizado sólo se identificaron 14 ocurridos entre 1977 y 2025, con profundidades promedio de 29.71 km y magnitudes reportadas entre 3.8 y 4.4 grados, trealzando la baja sismicidad de la zona.

La mayoría de los sismos se localizaron hacia el sur y noreste del estado de Campeche, principalmente en las cercanías de Escárcega la frontera con Yucatán y Quintana Roo, mientras que en el SAR no se registran epicentros directos. Sin embargo, se identificó un evento aislado muy próximo al SAR, sin magnitud reportada, lo que sugiere que se trató de un sismo de baja energía y sin registros de daños o afectaciones.

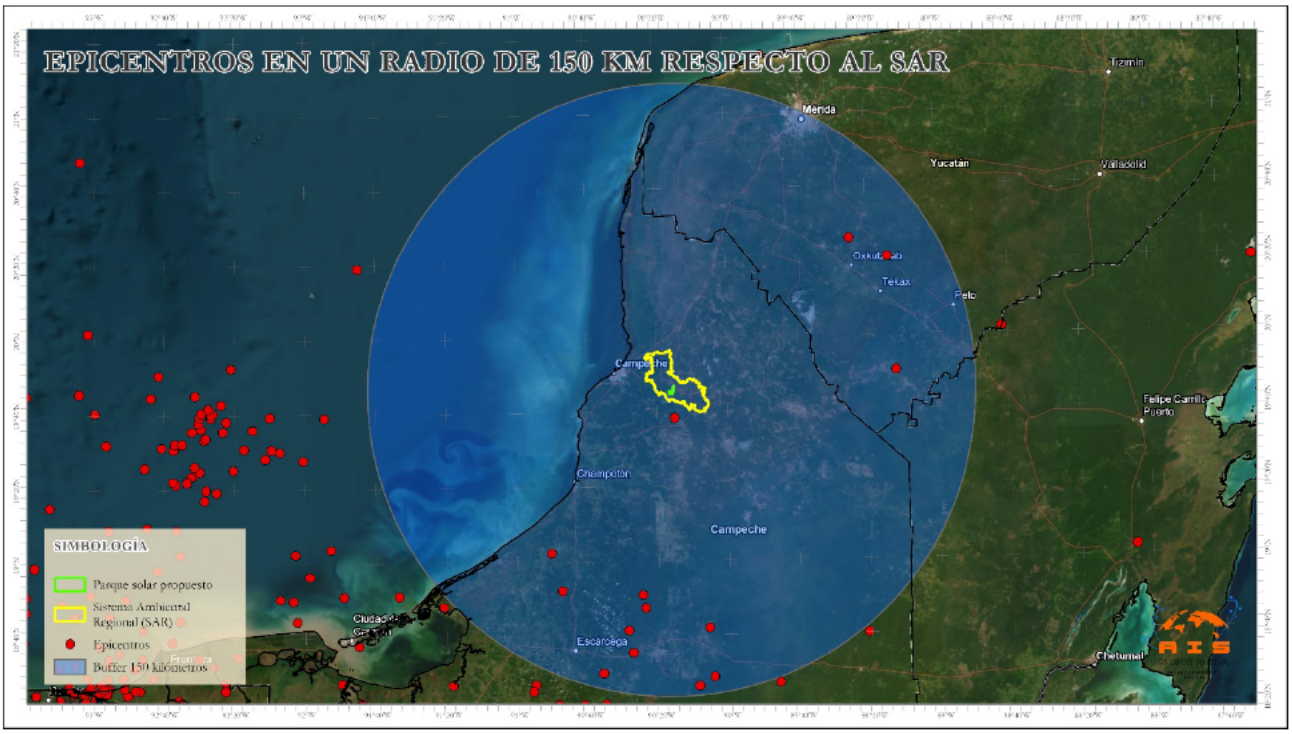


Figura 19. Mapa de epicentros de sismos cercanos al sistema ambiental regional.

Esto confirma que Campeche es una región de muy baja sismicidad, sin evidencia de fallas activas superficiales cercanas. En consecuencia, el riesgo sísmico asociado al Parque fotovoltaico es mínimo, y los eventos registrados no representan amenaza significativa.

4.2.3. Suelo

Unidades edafológicas en el SAR

En el estado de Campeche, el clima cálido subhúmedo y las topoformas dominantes caracterizadas por planicies, lomeríos bajos y depresiones intermontanas han influido en la formación de los suelos presentes en el SAR.

De acuerdo con la información cartográfica del (INIFAP/CONABIO, 1995) se identifican cinco unidades edafológicas principales: Gleysol Vértico, Luvisol Crómico, Nitosol Éutrico, Rendzina y Solonchak Órtico. A continuación, se presenta la descripción general y distribución de cada tipo de suelo dentro del área tomadas de INEGI (2004):

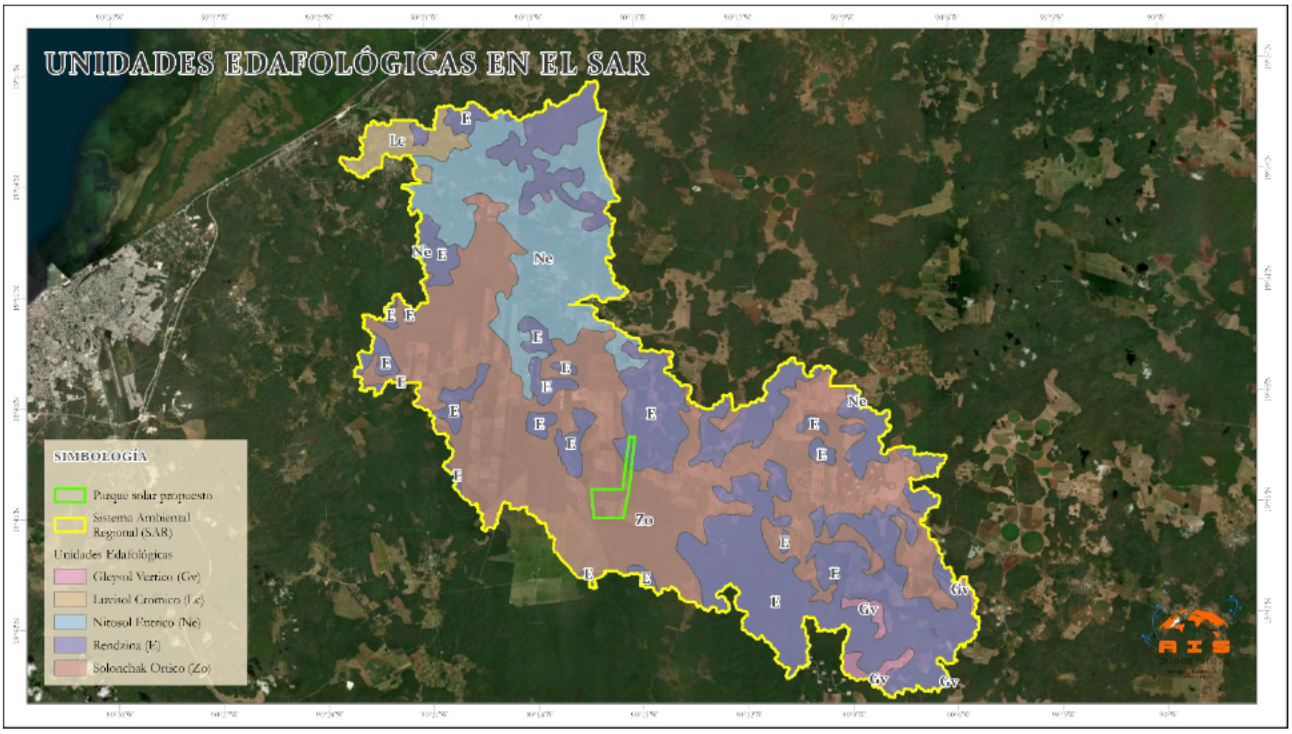


Figura 20. Mapa de unidades edafológicas del sistema ambiental regional.

Gleysol vértico: es un tipo de suelo que combina las propiedades de los Gleysoles y Vertisoles. Se forma en zonas bajas o planas, donde el agua se acumula o permanece por largos periodos, lo que provoca condiciones de humedad constante. Estas condiciones generan el proceso de gleyzación, en el cual el hierro se reduce y origina colores grisáceos, azulverdosos o verdosos. En la época seca, cuando el suelo se oxida nuevamente, pueden aparecer manchas rojizas o pardas.

El carácter vértico describe suelos con textura es fina, con más de 30 % de arcilla, y presenta grietas anchas en temporada seca por la contracción de las arcillas expansibles.

Debido a su alta humedad y riqueza en materia orgánica, estos suelos se utilizan sobre todo para pastizales cultivados además constituyen una importante reserva de carbono, especialmente en áreas con vegetación de tular, manglar y popal. En México, este tipo de suelo es común en las llanuras aluviales del Golfo de México, como las de Tabasco, Veracruz y Campeche.

Los Gleysoles vérticos se localizan principalmente en el sur y sureste del SAR, sobre relieves más elevados y ondulados indicando ambientes húmedos o mal drenados.

Luvisol crómico: son suelos de tonalidades rojizas, grises o pardo claras, que pueden ser susceptibles a la erosión, especialmente cuando presentan alto contenido de arcilla o se localizan en áreas con pendientes pronunciadas, suelen ser suelos fértiles y adecuados para actividades agrícolas.

El término crómico hace referencia capas del suelo no mayores a 30 cm de espesor con colores rojizo o pardos-rojizo intenso, producido por la oxidación del hierro en ambientes bien drenados.

Los Luvisoles crómicos se distribuyen principalmente en el extremo noroeste del SAR, en zonas de relieve suave y ligeramente ondulado, aunque este tipo de suelo suele desarrollarse en pendientes más marcadas, en el SAR se presenta sobre superficies más estables.

Nitosoles éutricos: son suelos tropicales profundos, de color rojo o amarillo intenso, formados a partir de una fuerte meteorización de materiales arcillosos. Presentan alta capacidad de retención de humedad y una estructura bien desarrollada con agregados brillantes y firmemente cohesionados. Gracias a su gran profundidad y excelente capacidad de enraizamiento, se consideran entre los suelos más productivos de las regiones tropicales húmedas, además de ser moderadamente resistentes a la erosión.

El término éutrico se refiere a suelos con una alta saturación de bases principalmente calcio, magnesio, potasio y sodio, condición que los hace especialmente fértiles dentro de las regiones tropicales. Estos suelos suelen formarse en zonas de clima seco o semiseco, donde la baja precipitación favorece la acumulación de dichos elementos y contribuye a mantener su elevada fertilidad.

Se distribuyen principalmente en el noroeste del SAR, donde predominan los relieves suaves a moderadamente ondulados, también se localizan parches en la zona central.

Rendzina: es un suelo que se caracteriza por ser poco profundo, presenta un horizonte superficial oscuro rico en materia orgánica (horizonte mólico), que reposa directamente sobre rocas carbonatadas, principalmente calizas.

Este tipo de suelo es común regiones húmedas con climas semiáridos, templados o tropicales, donde la meteorización de las calizas y la acumulación de materia orgánica favorecen su formación, dando lugar a suelos predominantemente arcillosos.

En el SAR, las Rendzinas se ubican principalmente en zonas con afloramientos de calizas y relieves más elevados, se distribuyen de manera discontinua dentro del SAR, ocupando principalmente las zonas del centro y sureste, así como pequeños sectores al noroeste.

Solonchaks órtico: son suelos que presentan acumulaciones de sales solubles durante ciertas épocas del año, resultado de condiciones ambientales con alta evapotranspiración y escaso drenaje. Cuando el suelo se seca, las sales se hacen visibles en la superficie, donde suelen cristalizar y formar una delgada costra blanquecina.

El calificativo órtico indica que se trata de la forma más simple del Solonchak, ya que conserva únicamente las propiedades esenciales del tipo al que pertenece. En este caso, corresponde a un suelo salino cuya característica principal es la acumulación de sales solubles en sus capas superficiales o subsuperficiales.

En el SAR, estos suelos se distribuyen de forma discontinua, localizándolos principalmente en el sur y sureste del SAR, donde predominan las zonas planas y de drenaje deficiente que favorecen la acumulación de sales solubles.

En conjunto, los suelos dentro del SAR aportan fertilidad y retención de humedad, favoreciendo el crecimiento vegetal y la recarga de agua. Su diversidad edáfica permite distintos usos productivos y ecológicos, mientras que su estructura y estabilidad ayudan a prevenir la erosión y mantener el equilibrio ambiental del área.

Tipos de erosión en el SAR

Según INEGI (2014) en el área del SAR se presentan dos tipos de erosión: antrópica e hídrica laminar de leve a moderada.

En el SAR este tipo de erosión antrópica está vinculada a una extensión de superficie casi imperceptible (al norte de Pueblo Nuevo de Cayal), coincide espacialmente con un área de infraestructura y asentamientos rurales, donde se observan superficies despejadas y caminos. Dada su escasa superficie y la naturaleza plana del terreno, el proceso erosivo se considera puntual y de baja relevancia dentro de la dinámica regional del SAR.

Por otro lado, la erosión hídrica laminar de leve a moderada se presenta de manera dispersa y muy reducida presentándose únicamente en pequeñas superficies aisladas al norte y sur del SAR. Este tipo de erosión se encuentra caracterizada por un arrastre uniforme del material superficial del suelo, donde las partículas se desprenden de forma gradual siguiendo la pendiente natural del terreno, este proceso ocurre como resultado de la acción del agua en sus distintas formas, tales como la lluvia, el escurrimiento superficial, las arroyadas, las crecidas de ríos o incluso el riego.

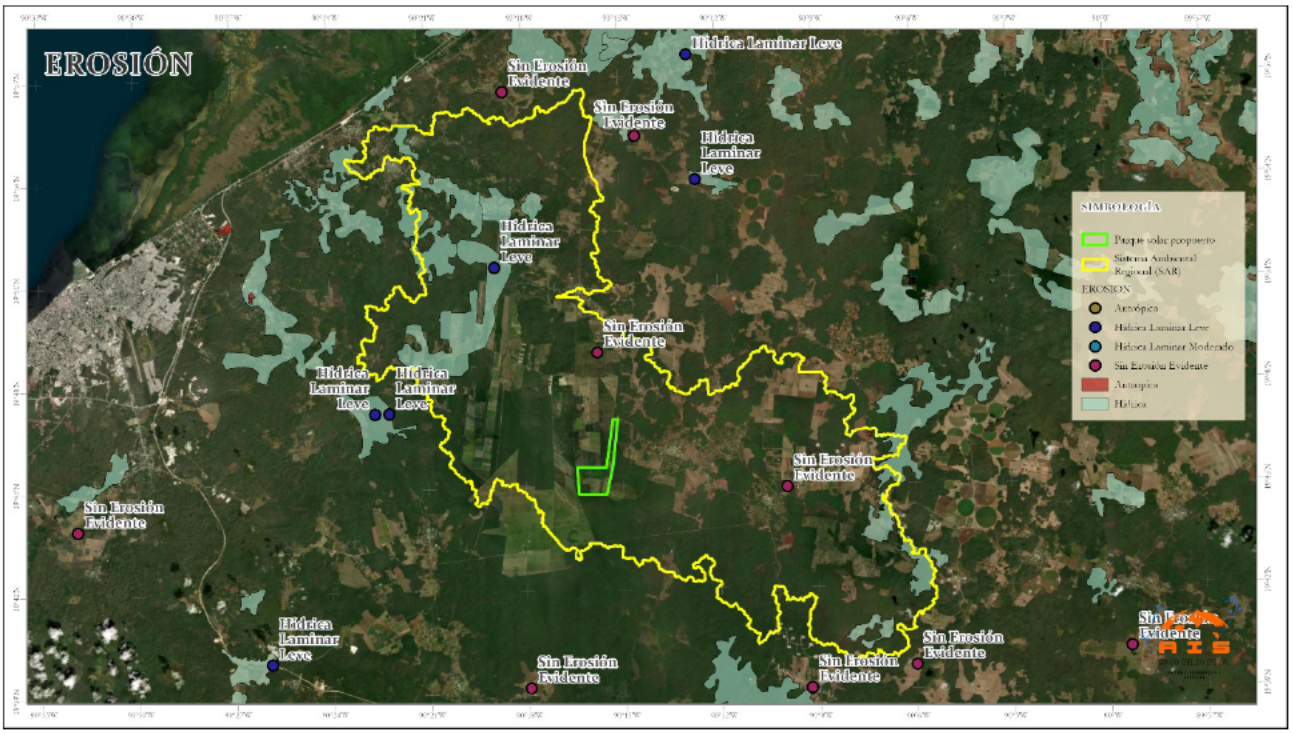


Figura 21. Mapa de sitios de erosión por tipo en el SAR y sus alrededores.

De acuerdo con las observaciones realizadas en campo, en el SAR no se observa desgaste en la capa superficial del suelo, debido a la presencia de una densa cobertura vegetal que protege el suelo del impacto directo de la lluvia y reduce el escurrimiento superficial. Incluso en sitios donde se ha efectuado algún desmonte, se observa una rápida regeneración de la vegetación, lo que limita la exposición del suelo y evita el desarrollo de procesos erosivos significativos. Aquí la vegetación tiene un papel muy importante ya que actúa como una barrera efectiva contra la pérdida de suelo, estabilizando la superficie y favoreciendo la infiltración del agua.



Figura 22. Fotografía de invasión de enredaderas del género Ipomea en una zona recién desmontada.

Desde una perspectiva general, en el SAR predominan condiciones de baja susceptibilidad a la erosión, ya que la mayor parte del territorio no presenta evidencias significativas de pérdida de suelo. Los procesos erosivos identificados se distribuyen de manera puntual, principalmente en sectores con suelos delgados y algunas áreas destinadas al aprovechamiento agrícola.

Dado a que la erosión predominante en el SAR es de tipo hídrico, indica que se trata de un proceso superficial y estacional, influenciado por las lluvias de verano y por el relieve prácticamente plano, que limita el escurrimiento y reduce la magnitud de la degradación del suelo. En el área del parque solar no se observan procesos erosivos.

4.2.4. Hidrología

La delimitación de cuencas hidrográficas en la cartografía nacional ha estado sujeta a una evolución significativa en sus métodos y tecnologías. Este proceso ha transitado desde la interpretación visual de cartografía base y fotografías aéreas analógicas hasta la implementación de modelos hidrológicos digitales generadas a partir de Modelos de Elevación Digital de alta precisión.

Esta evolución metodológica explica la existencia de discrepancias en los límites de las cuencas, particularmente en regiones con características fisiográficas específicas como la Península de Yucatán (como puede observarse al comparar el mapa de cuencas con el de subcuencas). En esta región, la combinación de una red de drenaje superficial poco definida y una topografía de bajo relieve que puede estar enmascarada por la cobertura vegetal densa, introduce un alto grado de incertidumbre en los procesos de delimitación, resultando en versiones con diferencias sustanciales.

Para los fines del presente documento, el análisis se basará en una consulta y comparativa de varias versiones oficiales de delimitación de cuencas.

Cuencas hidrológicas en el SAR

De acuerdo con el mapa de delimitación de cuencas del INEGI, INE y CONAGUA (Priego et al., 2007) en el SAR se identifican dos cuencas hidrológicas: la cuenca Laguna Santiago y la cuenca Lago Chac-Ha, ambas pertenecientes a la Región Hidrológica Yucatán Oeste, mientras que la cuenca Laguna Santiago también se encuentra dentro de la Región Hidrológica Yucatán Norte.

La cuenca Lago Chac-Ha ocupa únicamente una fracción reducida del territorio, en la porción sureste del SAR, por lo que no ejerce influencia significativa sobre la dinámica hidrológica local. En contraste, la cuenca Laguna Santiago domina el área del proyecto y define las condiciones hidrológicas del entorno.

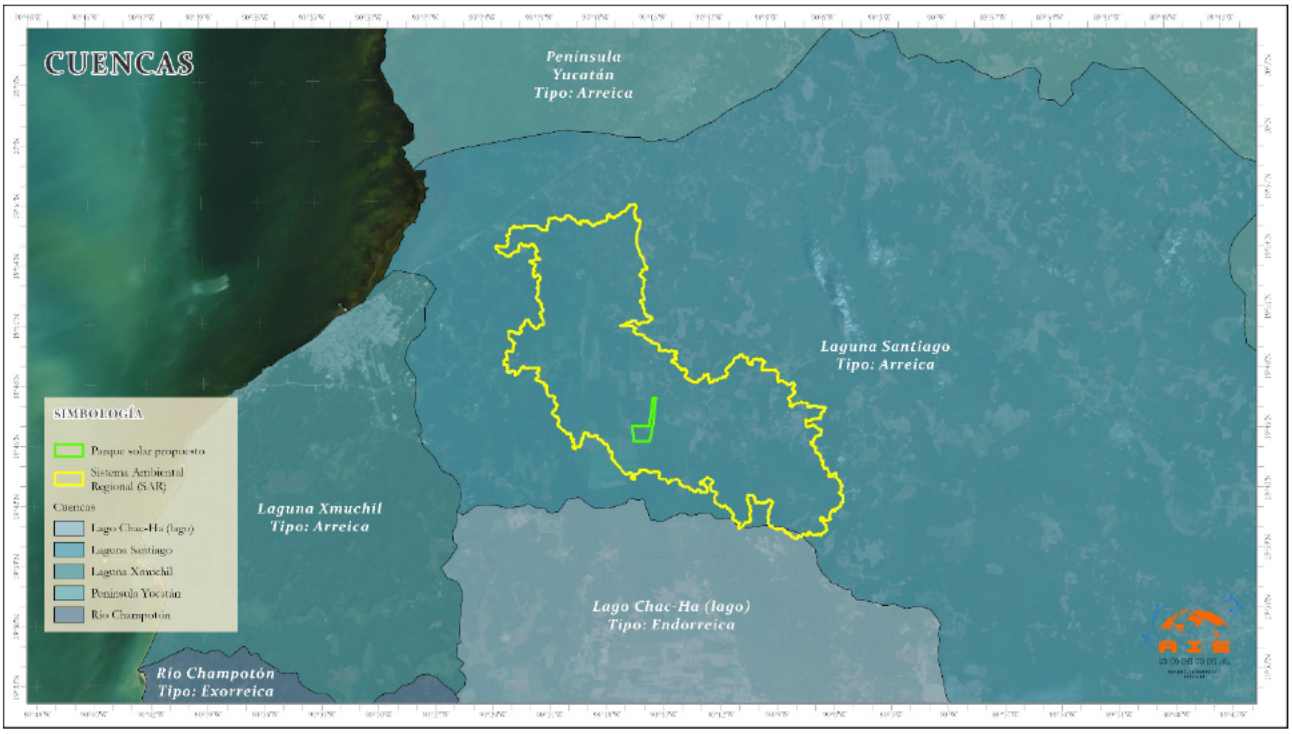


Figura 23. Mapa de cuencas del sistema ambiental regional.

La cuenca Laguna Santiago presenta condiciones hidrológicas propias de la región, donde el escurrimiento superficial es escaso y prevalece un comportamiento de infiltración directa del agua de lluvia hacia el subsuelo. La alta permeabilidad del terreno se debe a la presencia de materiales calcáreos (rocas calizas), los cuales, por su naturaleza porosa y fracturada, facilitan la infiltración del agua y la recarga del acuífero regional. En consecuencia, la dinámica hídrica de la cuenca se manifiesta principalmente a través de procesos subterráneos, con ausencia de cauces definidos y una red de drenaje superficial poco desarrollada, rasgos que en conjunto la definen como una cuenca de tipo arreico, un rasgo típico de las zonas cársticas de la península de Yucatán.

Estas condiciones determinan que el SAR, al ubicarse dentro de una cuenca arreica, no intercepta cauces naturales ni flujos superficiales definidos, reduciendo el potencial de alteración directa sobre el drenaje natural.

Subcuencas hidrológicas en el SAR

Con base en la delimitación oficial de subcuencas hidrológicas publicada por la CONABIO (1998), el análisis de localización determina que el Sistema Ambiental Regional (SAR) se sitúa predominantemente dentro de la subcuenca denominada Dzilbalchén Postnich. Esta

unidad abarca la mayor parte del área de estudio, concentrándose en su porción central y sureste, por lo que se constituye como la unidad hidrológica de mayor influencia en la dinámica local.

De forma complementaria, el sector noroeste del SAR se encuentra bajo la influencia de la subcuenca Menda. Hacia el este, el área colinda con la subcuenca Sabancuy Sihóchac, la cual presenta una extensión areal menor en el contexto del polígono de estudio.

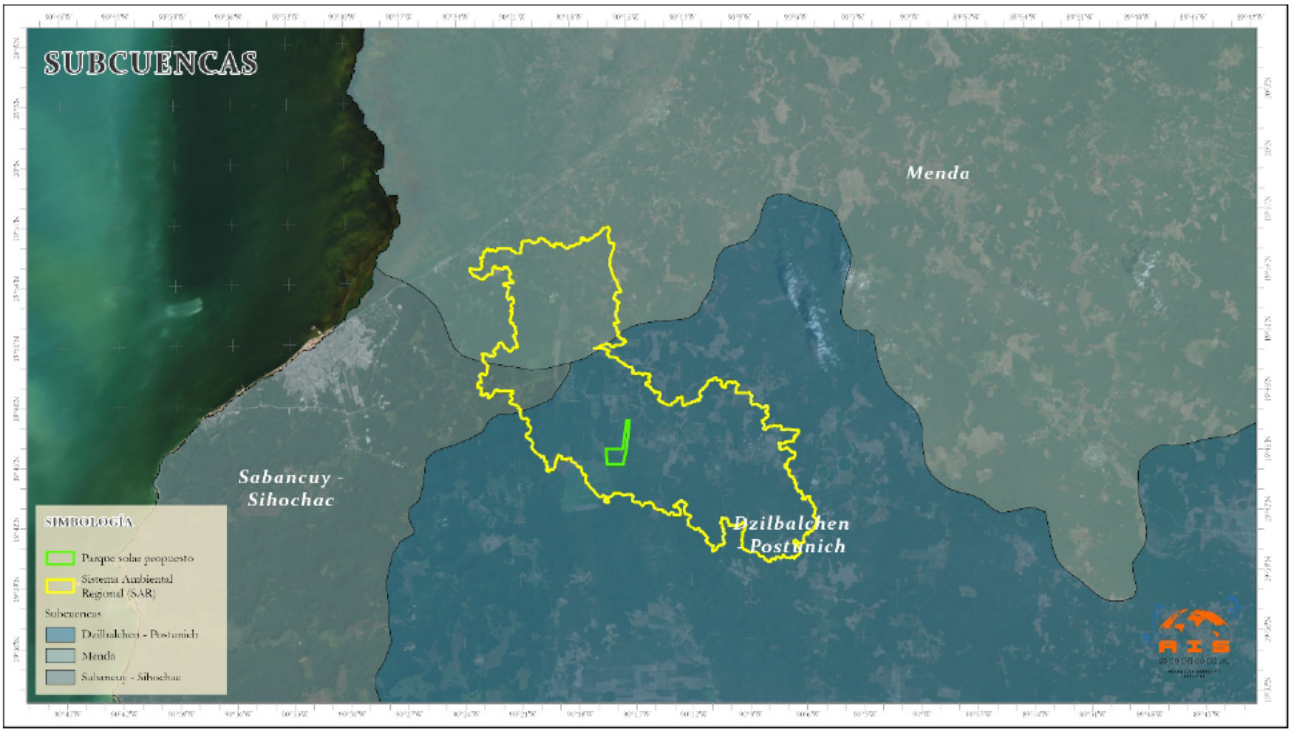


Figura 24. Mapa de subcuencas del sistema ambiental regional.

Cuencas Anidadas

Con el advenimiento de la modelación del comportamiento hidrológico usando sistemas de información geográfica, se volvió más accesible la redefinición de cuencas y subcuencas hidrológicas para hacer más coherentes los estudios que analizan la transferencia de materia y energía a escalas amplias.

La siguiente versión de cuencas, llamada "cuencas anidadas" fue elaborado con modelos nacionales de elevación (hoy en día ya considerados de resolución media) pero muy útiles para interpretar mejor el ambiente natural (Petry & Sotomayor, 2009).

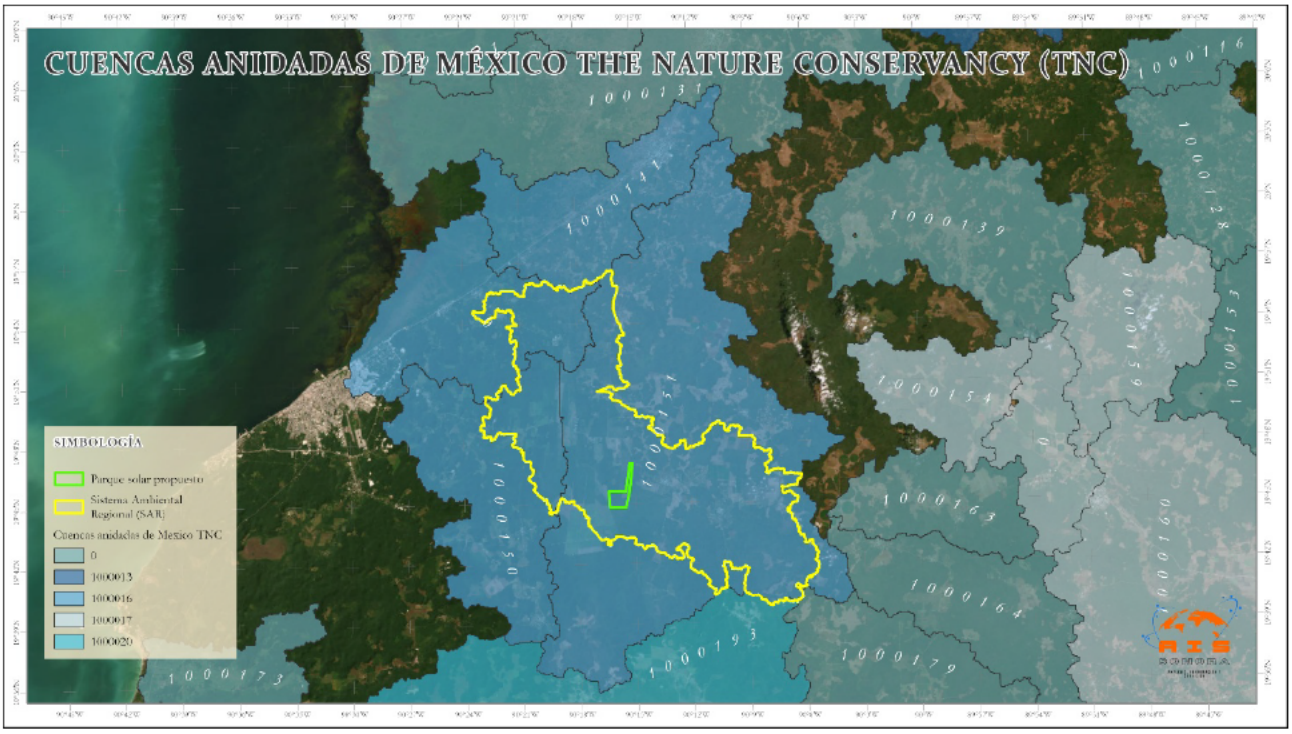


Figura 25. Mapa de cuencas anidadas de TNC.

Comportamiento Hidrodinámico

Las condiciones de drenaje e infiltración observadas en el sitio son consistentes con las descritas para la cuenca principal a la que pertenecen estas subcuencas: la cuenca Laguna Santiago. El sistema se caracteriza por un escurrimiento superficial escaso y un predominio de flujos subterráneos. Este patrón hidrológico es resultado de las propiedades del medio físico, compuesto por materiales calcáreos con un alto grado de permeabilidad que favorecen la infiltración.

Este comportamiento homogéneo en la infiltración refleja la continuidad hidrológica existente entre las distintas subcuencas y la cuenca principal, indicando un sistema integrado de flujo subterráneo.

Hidrología superficial en el SAR

La red de drenaje dentro del SAR es poco desarrollada, con baja densidad de cauces, ya que existen muy pocos arroyos en relación con la extensión del área. Estos cauces son de corta longitud y presentan tramos perdedores, en los cuales el flujo superficial se

interrumpe o desaparece debido a la infiltración del agua en el subsuelo o a la evaporación.

Dadas las características de la topografía plana las corrientes superficiales tienen a encharcarse más que a formar corrientes de agua superficiales formando lo que los lugareños denominan "aguadas", zonas empantanadas temporales.

De acuerdo con lo anterior en el área se presenta un comportamiento discontinuo, caracterizado por la interrupción y fragmentación de los cauces superficiales a lo largo del área. Esto significa que los cauces no mantienen una conexión continua entre sí, sino que aparecen en tramos aislados que se interrumpen o desaparecen antes de alcanzar una salida natural. Esta discontinuidad se debe principalmente a la alta permeabilidad de los materiales calcáreos y a la escasa pendiente del terreno, condiciones que favorecen la infiltración del agua hacia el subsuelo y reducen la capacidad de mantener un flujo superficial constante.

El siguiente mapa muestra la modelación de corrientes superficiales basado en el modelo de elevación digital del INEG de 12.5m de resolución espacial (INEGI, 2025), el continuo de elevaciones mexicano 4.0, eliminando los "sumideros" y asumiendo que el agua no es detenida por suelo o vegetación.

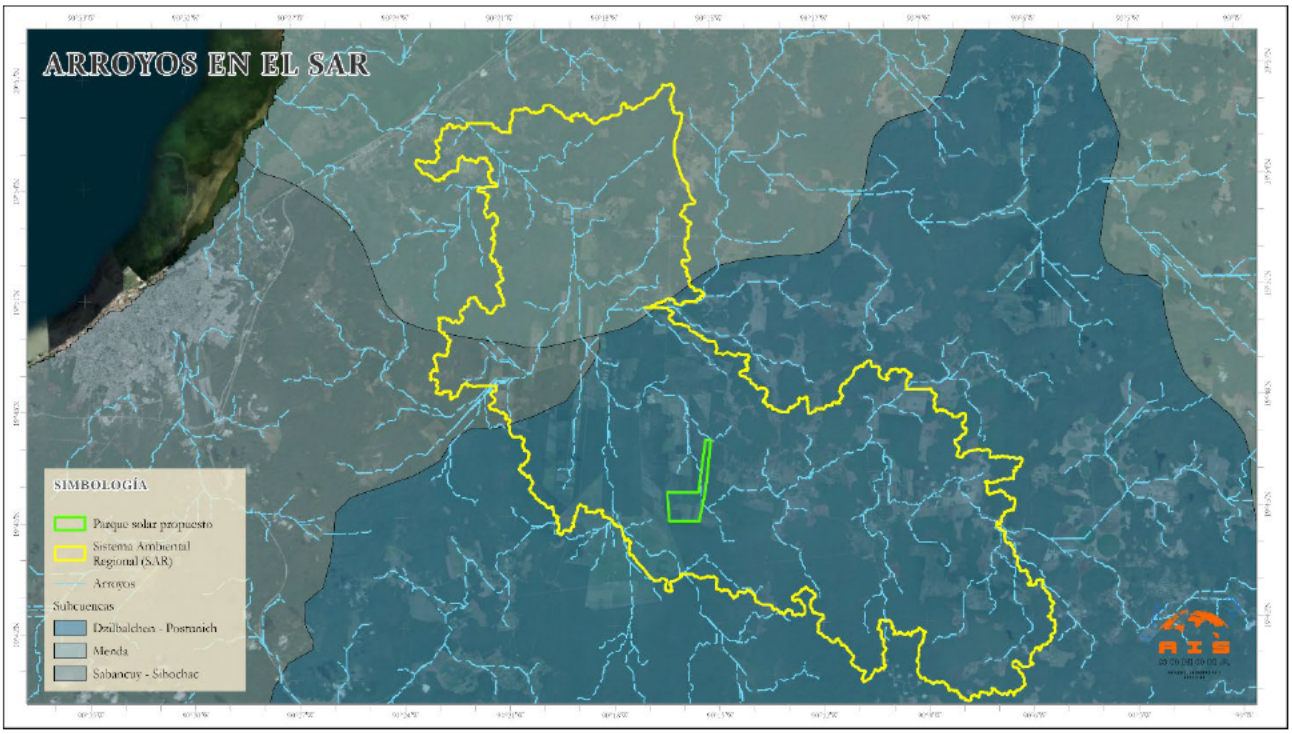


Figura 26. Mapa de modelación de hidrología superficial del sistema ambiental regional.

En conjunto, estas condiciones muestran un comportamiento arréico. Por esta razón, la acumulación de agua superficial se infiltra a al subsuelo alimentando a los acuíferos.

Acuíferos en el SAR

De acuerdo a los datos de CONAGUA (2023) el acuífero Península de Yucatán, identificado con la clave 3105, se encuentra en la zona sureste de México y comprende parte de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo, ocupando una extensión aproximada de 124,409 kilómetros cuadrados.



Figura 27. Mapa del acuífero en el que se encuentra el sistema ambiental regional.

El acuífero 3105 registra una recarga media anual de 14 931.8 hm^3/año, una descarga natural comprometida de 7 686.8 hm^3/año, y un volumen de extracción de aguas subterráneas de 5 185.365077 hm^3/año. A partir de estos valores se estima una disponibilidad media anual de 2,059.634923 hm^3/año, lo cual indica que dicho acuífero presenta un balance hidrológico favorable, sin alcanzar un nivel de sobreexplotación en relación con su recarga.

Se caracteriza por un sistema kárstico desarrollado en rocas calizas altamente permeables, donde el flujo subterráneo fluye libremente y se conecta entre distintas zonas del subsuelo.

La topografía prácticamente plana y la ausencia de corrientes superficiales permanentes favorecen la infiltración directa del agua de lluvia, constituyendo la principal fuente de recarga del sistema acuífero.

El clima cálido subhúmedo de la región influye en la recarga del acuífero, que gracias a su gran capacidad de almacenamiento regula las variaciones del agua subterránea entre las temporadas de lluvia y sequía.

Estas condiciones, sustentan el abastecimiento de agua para las comunidades, actividades productivas y ecosistemas locales, por lo que el acuífero representa un recurso estratégico y ambientalmente sensible dentro del SAR.

4.3. Caracterización del sistema ambiental regional: Medio Biótico

4.3.1. Vegetación

La línea base para la caracterización de la vegetación se estableció a partir del conjunto de datos vectoriales Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250,000, Serie VII (Conjunto Nacional) publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2018).

Como complemento a esta información cartográfica oficial, se ejecutó un programa de teledetección de alta resolución mediante el uso de aeronaves pilotadas a distancia (drones). Este levantamiento se configuró con los siguientes parámetros:

- Resolución Espacial (GSD): Se capturaron ortomosaicos con una resolución de terreno de 6 centímetros para el sitio específico del proyecto. De forma paralela, se realizaron vuelos en seis sitios adicionales distribuidos a lo largo del Sistema Ambientar Regional, con una resolución de 4 centímetros.
- Objetivos del Levantamiento: La adquisición de imágenes de muy alta resolución tuvo un doble propósito:
- Permitir la comparación multitemporal para cuantificar y monitorear los cambios en la cobertura vegetal.
- Evaluar la precisión y el nivel de detalle de la delimitación de los polígonos de la Serie VII de INEGI, considerando la disparidad significativa en resolución espacial y el intervalo temporal de aproximadamente siete años transcurrido desde la generación de la cartografía oficial.

Tipos de uso de suelo y vegetación presentes en el SAR

En el SAR se encuentran presentes 16 tipos de vegetación:

- Acuícola
- Agricultura de Riego Anual
- Agricultura de Riego Anual y Permanente
- Agricultura de Riego Permanente
- Agricultura de Temporal Anual
- Agricultura de Temporal Anual Y Permanente
- Agricultura de Temporal Permanente
- Asentamientos Humanos
- Bosque Cultivado

- Pastizal Cultivado
- Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Subperennifolia
- Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Caducifolia
- Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subcaducifolia
- Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Subperennifolia
- Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Caducifolia
- Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Subcaducifolia

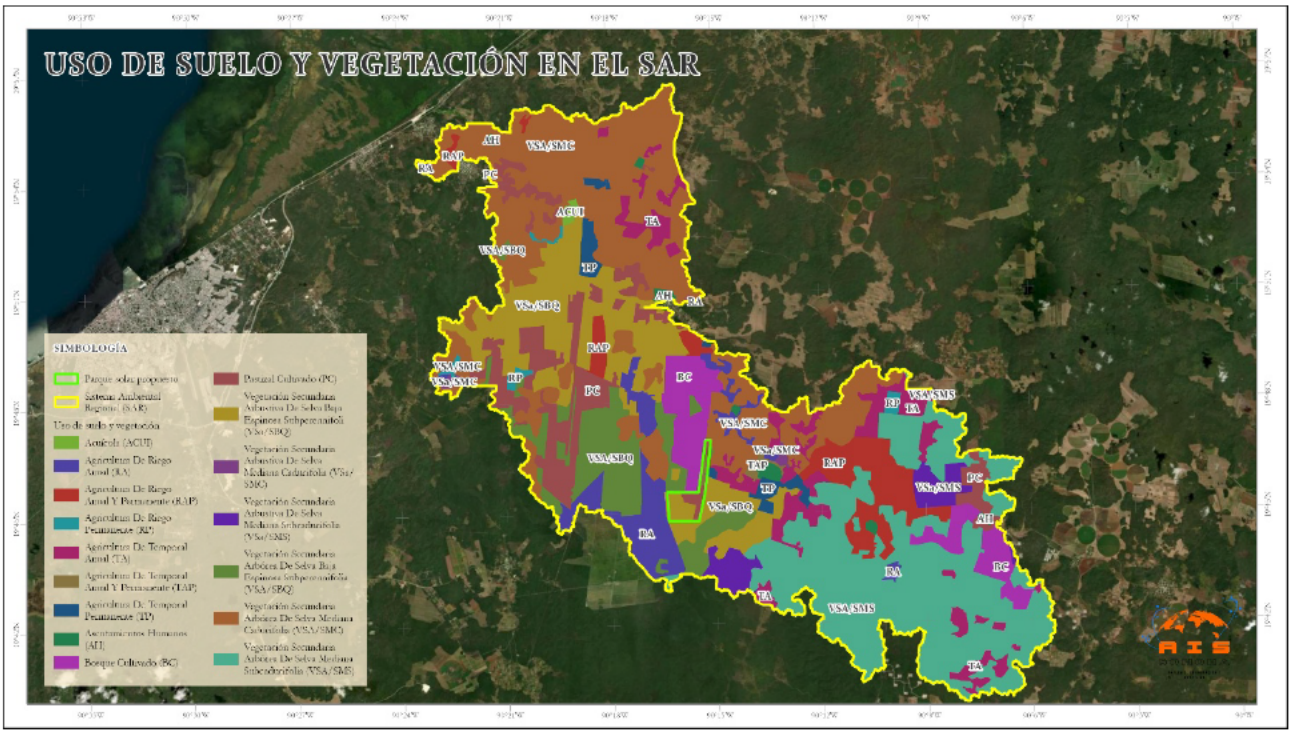


Figura 28. Mapa de uso del suelo y vegetación del SAR.

En las descripciones por tipo de comunidad vegetal y sus características nos referiremos a la Guía para la Interpretación de Uso de Suelo y Vegetación VII (INEGI, 2022b), para evitar repetir la cita múltiples ocasiones pondremos entre comillas los elementos copiados *verbatim* de la referencia oficial mexicana.

Tipos antrópicos

Con base en la información que describe el INEGI, en los tipos de vegetación antrópicos se incluyen los diferentes sistemas manejados por el hombre y que constituyen los usos del suelo a partir de la modificación de la cobertura vegetal, pueden ser Agrícola o de Aprovechamiento Forestal, Pecuario y Acuícola.

Sus características según su uso y aprovechamiento se describen a continuación:

"**Agrícola:** son áreas de producción de cultivos, obtenidos para su utilización por el ser humano ya sea como alimentos, forrajes, ornamental o industrial".

De acuerdo con el tiempo de ocupación de los cultivos y el tipo de riego, los tipos agrícola en el SAR se caracterizan como Agricultura de riego y Agricultura de temporal.

"**Agricultura de riego:** estos agrosistemas utilizan agua suplementaria para el desarrollo de los cultivos durante el ciclo agrícola, por lo que su definición se basa principalmente en la manera de cómo se realiza la aplicación del agua, por ejemplo la aspersión, goteo, o cualquier otra técnica, es el caso del agua rodada (distribución del agua a través de surcos o bien tubería a parir de un canal principal y que se distribuye directamente a la planta), por bombeo desde la fuente de suministro (un pozo, por ejemplo) o por gravedad cuando va directamente a un canal principal desde aguas arriba de una presa o un cuerpo de agua natural".

"**Agricultura de temporal:** se clasifica como tal al tipo de agricultura de todos aquellos terrenos donde el ciclo vegetativo de los cultivos depende del agua de lluvia, por lo que su éxito está en función de la cantidad de precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua, su clasificación es independiente del tiempo que dura el cultivo en el suelo, que puede llegar a más de diez años, en el caso de los frutales, o bien por periodos dentro de un año como los cultivos de verano. Estas zonas, para ser clasificadas como de temporal deberán permanecer sembradas al menos un 80 % del ciclo agrícola. Pueden ser áreas de monocultivo o de policultivo y pueden combinarse con pastizales o bien estar mezcladas con zonas de riego, lo que conforma un mosaico complejo, difícil de separar, pero que generalmente presenta dominancia de los cultivos cuyo crecimiento depende del agua de lluvia".

Bajo estas características dentro del SAR se pueden encontrar los tipos:

- Agricultura de Riego Anual
- Agricultura de Riego Anual y Permanente
- Agricultura de Riego Permanente
- Agricultura de Temporal Anual
- Agricultura de Temporal Anual Y Permanente
- Agricultura de Temporal Permanente
- Pastizal Cultivado

Actividades Pecuario, Forestal y Acuícola

"**Pecuario**: lugares donde se realiza la explotación ganadera de manera intensiva o extensiva para la obtención de diferentes productos (carne, leche, huevo, etcétera)."

"**Forestal**: se refiere a la utilización de especies forestales cultivadas exprofeso o manejadas para la obtención de diferentes productos (madera, aceites, etcétera)."

"**Acuícola**: Se refiere a la actividad que se dedica a la acuicultura, entendida esta como el cultivo de animales y plantas en el agua. En esta actividad se incluyen peces, reptiles, anfibios, crustáceos, moluscos, plantas y algas, su utilización puede ser para alimento, o bien, para otras actividades que realice el hombre (recreación, estudio u obtención de productos) o para su conservación y protección. En este sentido, en la Información de Uso del Suelo se incluyen las siguientes instalaciones:

- Piscifactorías: instalaciones para la producción de crías o de engorda de peces en estanques, jaulas o en canales de corriente rápida.
- Granjas acuícolas: instalaciones dedicadas a la producción de crustáceos, como el camarón.

Con estas características en el SAR se encuentra solo dos tipos:

- Acuícola
- Bosque Cultivado

Por obvias razones, los asentamientos humanos se incluyen dentro de este apartado de tipo antrópicos pero diferenciados de los agroecosistemas. Los asentamientos humanos no forman parte de la cobertura vegetal ni de las áreas manejadas.

Tipos secundarios

Es importante señalar que estos tipos de vegetación corresponden a "cuando un tipo de vegetación primario es eliminado o alterado por diversos factores humanos o naturales, surge una comunidad vegetal significativamente diferente a la original con estructura y composición florística heterogénea" (INEGI, 2022b).

El INEGI reconoce tres fases sucesionales de vegetación secundaria que se forman de manera natural. Sin embargo, debido a la complejidad para definir estos tipos de fases, ya que presentan una gran diversidad en su composición vegetal, condiciones ecológicas y son difíciles de interpretar incluso en campo, se consideran tres fases principales basadas en las formas de vida presentes y su altura:

- Vegetación secundaria herbácea

- Vegetación secundaria arbustiva
- Vegetación secundaria arbórea

En el SAR se encuentran los de tipo arbustiva y arbórea:

- Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Subperennifolia
- Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Caducifolia
- Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subcaducifolia
- Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Subperennifolia
- Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Caducifolia
- Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Subcaducifolia

A continuación, se describen los tipos originales de vegetación (no secundarias).

Selva Baja Espinosa Subperennifolia: "Este tipo de comunidad vegetal se distribuye en los llamados "bajiales" o bajos inundables de la costa norte de Yucatán, centro y sur de Campeche, sur y noreste de Quintana Roo, así como en la parte central-sur del estado de Tabasco, desde Villahermosa hasta los límites con Campeche, incluyendo la parte sur de este estado en zonas con suelos inundables. Esta selva está caracterizada por árboles bajos con alturas entre los 5 y 11 m, generalmente con los troncos muy torcidos; la densidad de los árboles puede ser bastante0 grande; acusan una fuerte disminución de plantas trepadoras y epífitas; el estrato herbáceo frecuentemente no existe".

Selva Mediana Caducifolia: "El estrato arbóreo de esta selva se presenta de 15 a 20 metros con estratos arbustivos y herbáceos reducidos. La selva se encuentra en diferentes situaciones topográficas y tipos de suelo, aunque muestra una preferencia por suelos someros pedregosos y sobre laderas de cerros. Las áreas que cubre esta selva actualmente presentan una cantidad considerable de vegetación secundaria debido a las actividades humanas. Se presenta como una franja en dirección NE - SO al centro de Yucatán, que se prolonga al norte de Campeche; también en la vertiente sur del Pacifico dentro del área del istmo de Tehuantepec existen selvas bastante densas y frondosas".

Selva Mediana Subcaducifolia: "En la Península de Yucatán, sus suelos, aunque pedregosos, tienen una pequeña capa de materia orgánica formada por la gran cantidad de hojas que dejan caer los árboles. Este tipo de selva presenta en las zonas de su máximo desarrollo árboles cuya altura máxima oscila entre 25 y 30 m. La densidad de los árboles es mucho menor que la de las selvas altas perennifolias y subperennifolias; sin embargo, a mitad de la temporada de lluvias, en la época de mayor desarrollo de follaje, la cobertura puede ser lo suficientemente densa para disminuir fuertemente la incidencia de la luz solar en el suelo".

Tipos naturales

La vegetación de tipo natural es aquella que no presenta alteración alguna, sin embargo, dentro del SAR no se encuentra ninguna de este tipo.

Estadística de tipos de vegetación en el SAR

La siguiente tabla muestra de manera detallada los tipos de vegetación presentes en el SAR clasificados por su tipo: Antrópico y Secundaria. Es importante mencionar que la totalidad ha sido modificada y no existe vegetación natural en ninguna porción del SAR. Son dominantes los tipos de vegetación secundaria con casi el 70% con un total de 28,867 ha.

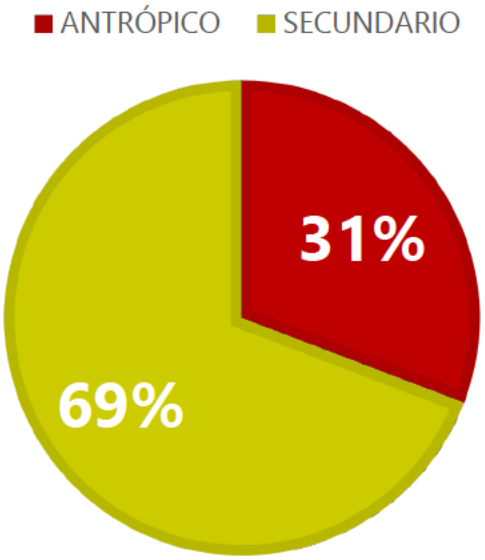


Figura 29. Gráfica de proporción de tipos antrópicos vs secundarios en el SAR (no hay naturales).

De los 16 tipos de vegetación antes mencionados, la vegetación secundaria arbórea de selva mediana caducifolia es la que ocupa la mayor parte de la superficie, con casi el 26% (10,648 ha) del total. En segundo lugar, se encuentra la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia, que representa aproximadamente el 22%, y en tercer lugar la vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia, con un 12%. En conjunto, estas tres categorías abarcan alrededor del 60% de la superficie total del SAR, lo que evidencia la importancia de la vegetación secundaria en la estructura y dinámica del paisaje.

TIPO	DESCRIPCIÓN	CLAVE	HECTÁREAS	PORCENTAJE
ANTRÓPICO	Acuícola	ACUI	73	0.17%
	Agricultura de Riego Anual	RA	1,887	4.52%
	Agricultura de Riego Anual y Permanente	RAP	2,126	5.10%
	Agricultura de Riego Permanente	RP	223	0.53%
	Agricultura de Temporal Anual	TA	2,425	5.81%
	Agricultura de Temporal Anual Y Permanente	TAP	129	0.31%
	Agricultura de Temporal Permanente	TP	548	1.31%
	Asentamientos Humanos	AH	269	0.64%
	Bosque Cultivado	BC	2,029	4.86%
	Pastizal Cultivado	PC	3,139	7.52%
SECUNDARIO	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Subperennifolia	VSA/SBQ	2,819	6.76%
	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Caducifolia	VSA/SMC	10,648	25.53%
	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subcaducifolia	VSA/SMS	9,306	22.31%
	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Subperennifolia	VSa/SBQ	5,075	12.17%
	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Caducifolia	VSa/SMC	113	0.27%
	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Subcaducifolia	VSa/SMS	906	2.17%
Total			**41,713**	100.00%

Verificación de campo de uso de suelo y vegetación

Para aportar información más reciente, de mayor resolución y enfocada al sitio, se llevaron a cabo múltiples levantamientos para mapeo con dron comercial. El siguiente mapa muestra la distribución espacial de los diferentes sitios donde se llevaron a cabo mapeos, así como su relación con las principales localidades y el sitio de proyecto:

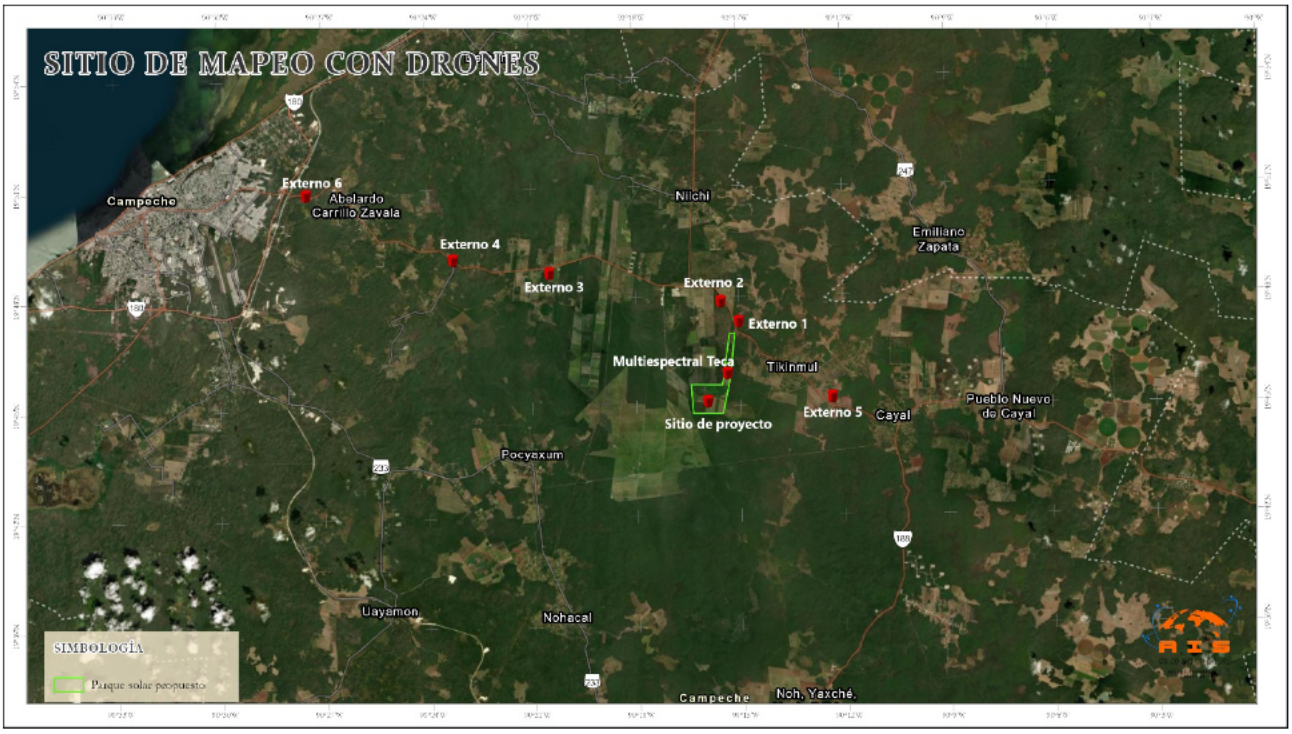


Figura 30. Mapa de localización de los diferentes mapeos con dron realizados durante esta evaluación.

Los vuelos se llevaron a cabo con dron Marca DJI modelo Mavic 3 Multispectral RTK, con GNSS GPS + Galileo + BeiDou + GLONASS equipado con una cámara fotogramétrica DJI Mavic 3M: CMOS 4/3; píxeles efectivos: 20 MP de resolución (RGB) y CMOS de 1/2.8 pulgadas; píxeles efectivos (multiespectral): 5 MP Verde (G): 560 ± 16 nm; Rojo (R): 650 ± 16 nm; Borde rojo (RE): 730 ± 16 nm; Infrarrojo cercano (NIR): 860 ± 26 nm. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de uno de los puntos fotografiados mostrando la imagen RGB y las cuatro secciones del multiespectral MS_G (multiespectral verde), MS_R (multiespectral rojo), MS_RE (multiespectral borde rojo) y MS_NIR (multiespectral infrarrojo cercano).



Figura 31. Ejemplo de "cámara" mostrando las cinco fotografías correspondientes a cada uno de los puntos.

Se utilizó una base multibanda DJI D-RTK 2 con al menos una hora de ajuste, marcado y registrando la mejor posición determinada. Esas coordenadas fueron utilizadas como referencia para el vuelo. Sólo los dos vuelos en el sitio específico del proyecto usaron corrección en tiempo real RTK, mientras que en resto fueron soportados exclusivamente con GNSS a bordo.



Figura 32. Base multibanda DJI D-RTK 2 lista para correción en tiempo real.

Todos los vuelos fueron AGL dadas las características topográficas y se incluyó ajuste altitudinal final usando tomas oblicuas adicionales.

El RTK fue posicionado en campo abierto, en las coordenadas geográfica 19.759404774 latitud norte y 90.255653245 longitud oeste.

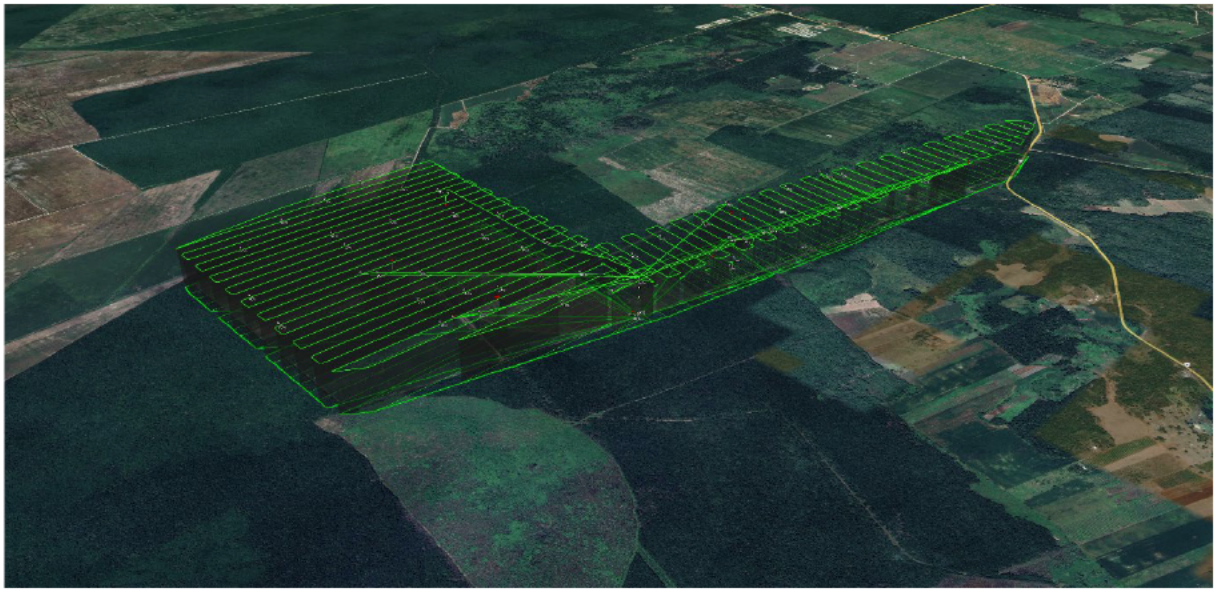


Figura 33. Piloto en jefe Vlad Parra revisando los ajustes de los planes de vuelo en el sitio de proyecto.

Vuelos en el sitio:

- Vuelo del sitio total del proyecto, RGB 526 hectáreas, 6 centímetros de resolución espacial.

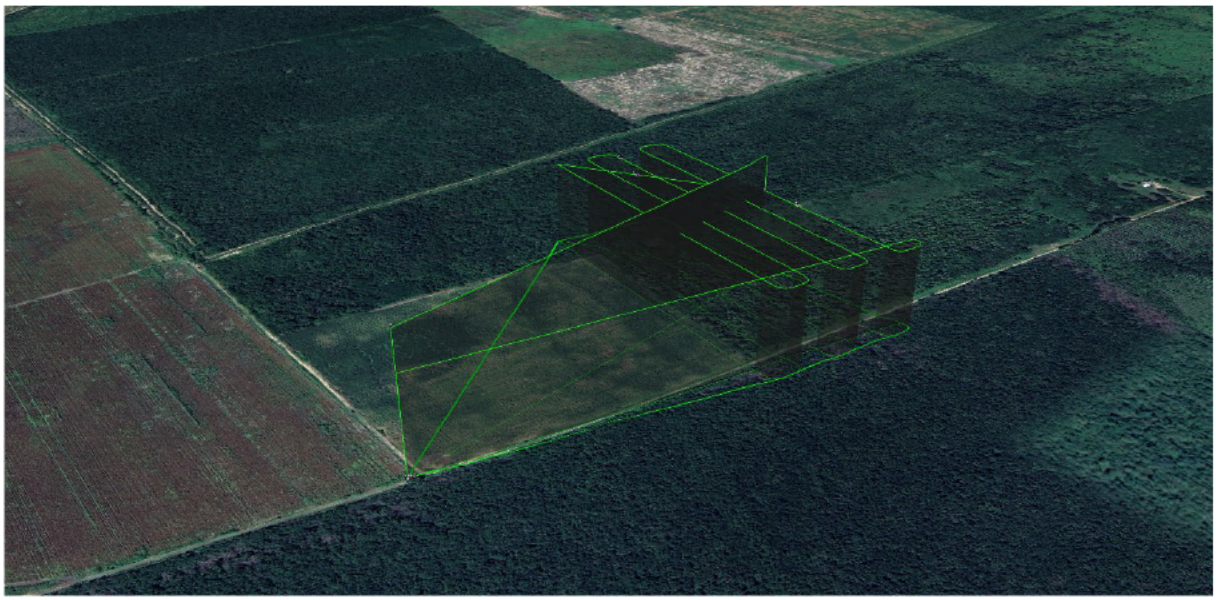
El perfil de vuelo realizado se muestra en la siguiente imagen:



Se obtuvieron 1,939 fotografías individuales que en la fotogrametría fueron unidos por 2,012,783 de 2,226,828 tie points después de la limpieza (por error de reproyección, por incertidumbre de reconstrucción y por precisión de la proyección). Se generaron nubes de puntos (726,384,843), modelo 3D en mosaico, modelo de elevación digital (modelo de superficie) y ortomosaico basado en DEM.

- Vuelo de la interfase entre el cultivo de Teca y la zona agrícola, multiespectral 20 hectáreas 3 centímetros de resolución espacial.

El perfil de vuelo realizado se muestra en la siguiente imagen:

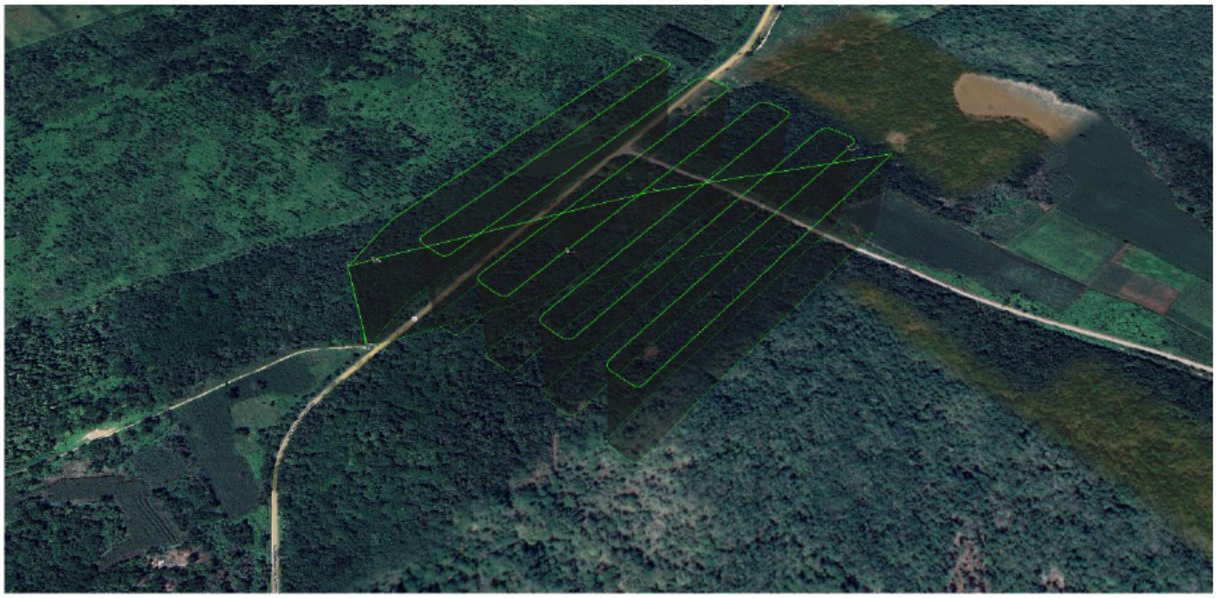


Se obtuvieron 1,470 fotografías individuales (294 RGB y 294 en cada una de las cuatro bandas multiespectrales) que en la fotogrametría fueron unidos por 727,502 de 1,074,022 tie points después de la limpieza. Se generaron nubes de puntos (112,062,274), modelo 3D en mosaico, modelo de elevación digital (modelo de superficie) y ortomosaico basado en el modelo de elevación generado (DEM) así como un análisis de índice de vegetación normalizada (NDVI).

Vuelos externos al sitio:

- Externo 1, al norte de la carretera Campeche-Holpechen en el Km 37 aproximadamente, bordeando el camino a San Camilo, RGB de 41 hectáreas, 4 cm de resolución espacial.

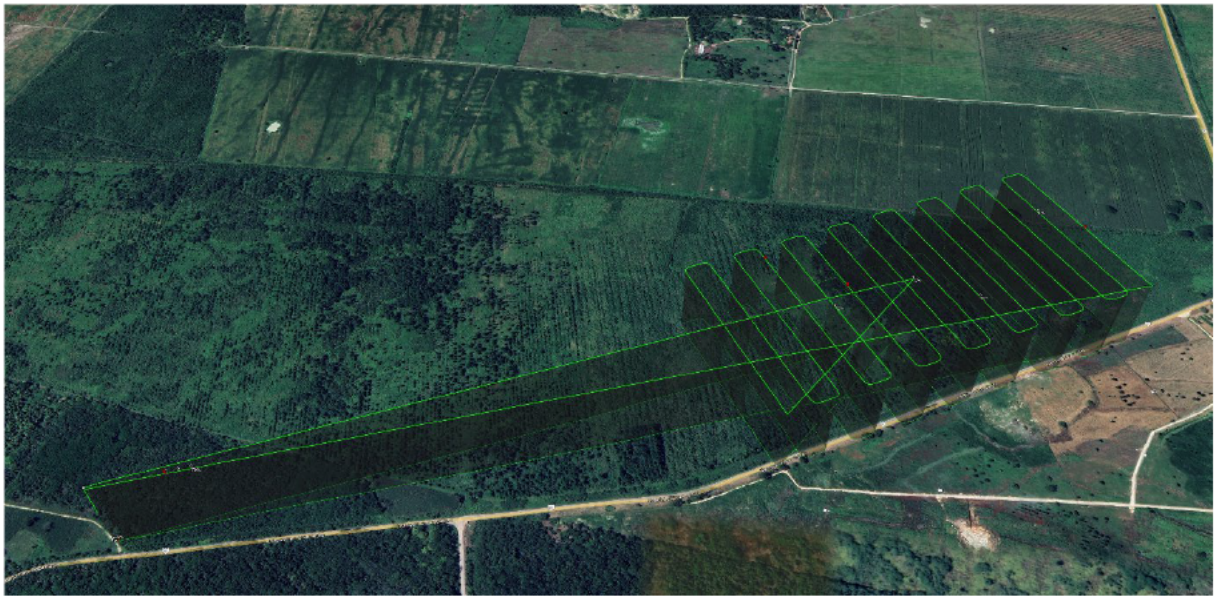
El perfil de vuelo realizado se muestra en la siguiente imagen:



Se obtuvieron 411 fotografías individuales que en la fotogrametría fueron unidos por 349,211 de 545,339 tie points después de la limpieza. Se generaron nubes de puntos (184,160,319), modelo 3D en mosaico, modelo de elevación digital (modelo de superficie) y ortomosaico basado en DEM.

- Externo 2, primariamente al sur de la carretera Campeche-Holpechen, el punto más cercano a 100m de la localidad de Chencolli. RGB de 56 hectáreas, 4 cm de resolución espacial.

El perfil de vuelo realizado se muestra en la siguiente imagen:



Se obtuvieron 542 fotografías individuales que en la fotogrametría fueron unidos por 384,272 de 607,640 tie points después de la limpieza. Se generaron nubes de puntos (194,545,132), modelo 3D en mosaico, modelo de elevación digital (modelo de superficie) y ortomosaico basado en DEM.

- Externo 3, en la intersección de la carretera Campeche-Holpechen con la Avenida de los Ranchos en las cercanías de "ReforestaShop". RGB de 46 hectáreas, con 4 cm de resolución espacial.

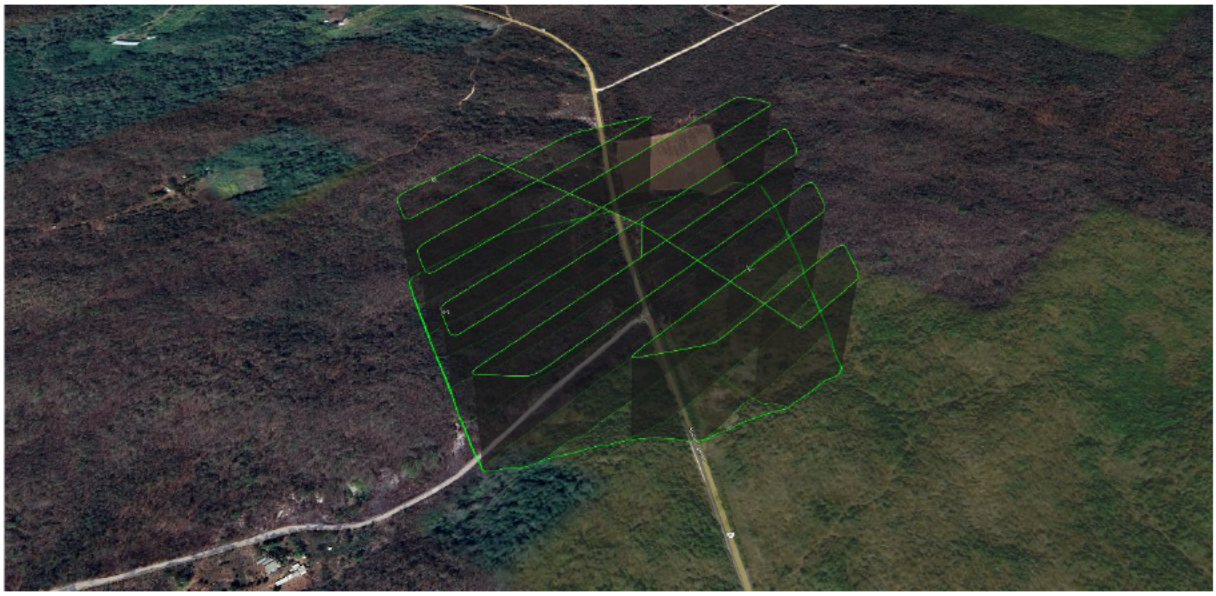
El perfil de vuelo realizado se muestra en la siguiente imagen:



Se obtuvieron 420 fotografías individuales que en la fotogrametría fueron unidos por 285,864 de 370,143 tie points después de la limpieza. Se generaron nubes de puntos (140,905,659), modelo 3D en mosaico, modelo de elevación digital (modelo de superficie) y ortomosaico basado en DEM.

- Externo 4, en los límites del sistema ambiental regional, en la intersección de la carretera Campeche-Holpechen con la carretera a Bobolá. RGB de 36 hectáreas, con 4 cm de resolución espacial.

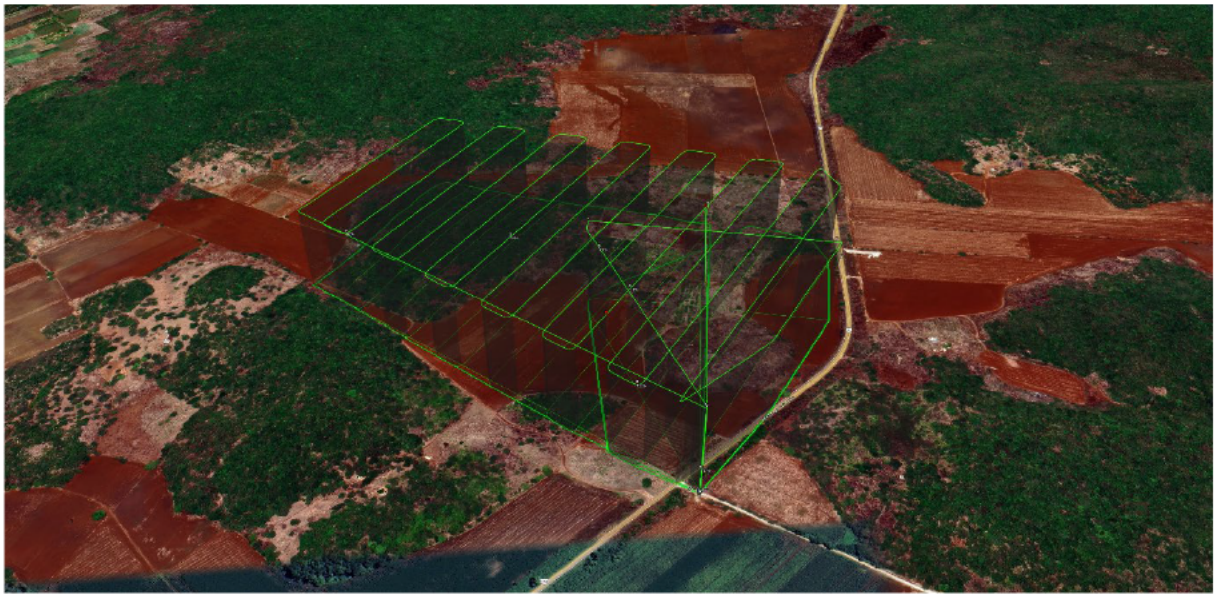
El perfil de vuelo realizado se muestra en la siguiente imagen:



Se obtuvieron 382 fotografías individuales que en la fotogrametría fueron unidos por 374,561 de 499,307 tie points después de la limpieza. Se generaron nubes de puntos (174,781,340), modelo 3D en mosaico, modelo de elevación digital (modelo de superficie) y ortomosaico basado en DEM.

Externo 5, primariamente al norte de la carretera Campeche-Holpechen entre los poblados de Tikinmul y Cayal. RGB de 61 hectáreas, con 4 cm de resolución espacial.

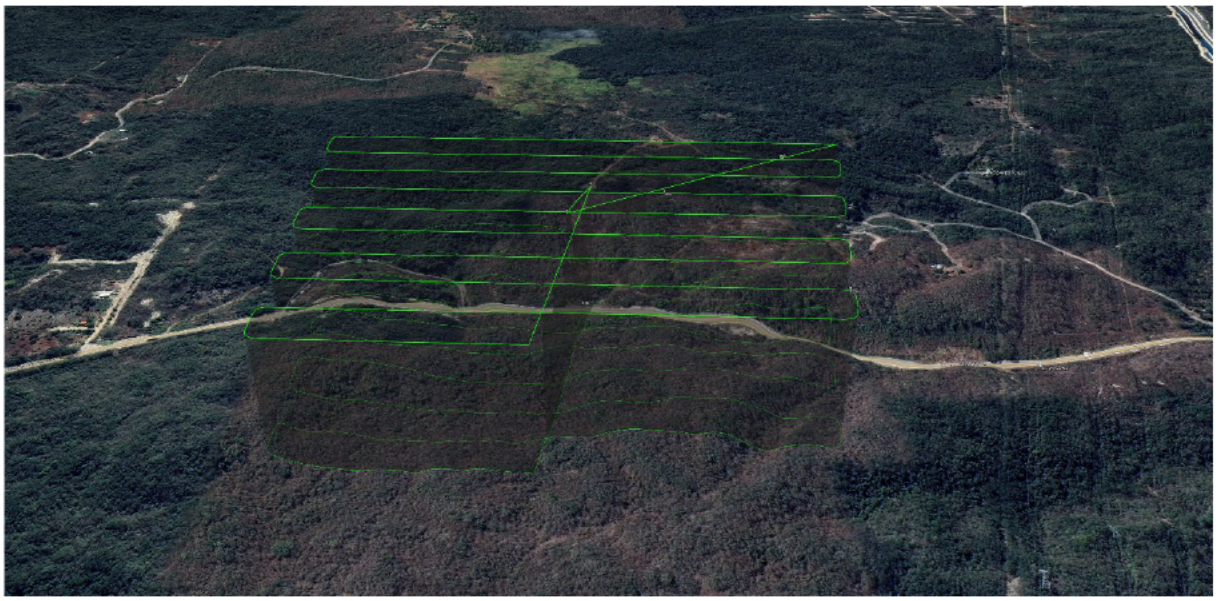
El perfil de vuelo realizado se muestra en la siguiente imagen:



Se obtuvieron 595 fotografías individuales que en la fotogrametría fueron unidos por 430,817 de 576,133 tie points después de la limpieza. Se generaron nubes de puntos (180,698,783), modelo 3D en mosaico, modelo de elevación digital (modelo de superficie) y ortomosaico basado en DEM.

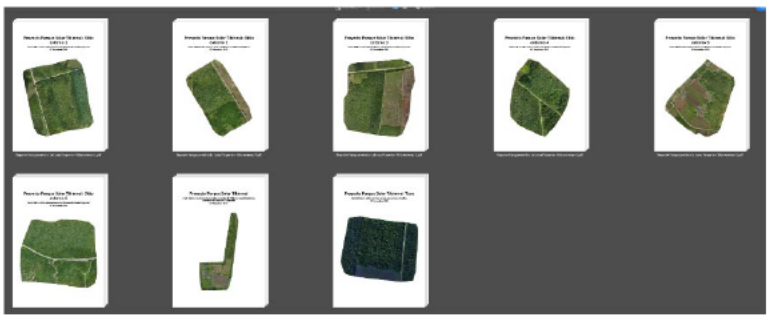
- Externo 6, fuera del sistema ambiental regional, en las cercanías de la intersección de la carretera Campeche-Holpechen con el periférico Pablo García y Montilla. RGB de 43 hectáreas, con poco menos de 4 cm de resolución espacial.

El perfil de vuelo realizado se muestra en la siguiente imagen:



Se obtuvieron 446 fotografías individuales que en la fotogrametría fueron unidos por 442,430 de 559,408 tie points después de la limpieza. Se generaron nubes de puntos (209,062,721), modelo 3D en mosaico, modelo de elevación digital (modelo de superficie) y ortomosaico basado en DEM.

Los informes fotogramétricos correspondientes se incluyen en el ANEXO FOTOGRAMÉTRICO.



Sitio de muestreo 1 (externo al sitio de proyecto)

Se volaron poco más de 41 hectáreas y el ortomosaico final se aprecia en el siguiente mapa:

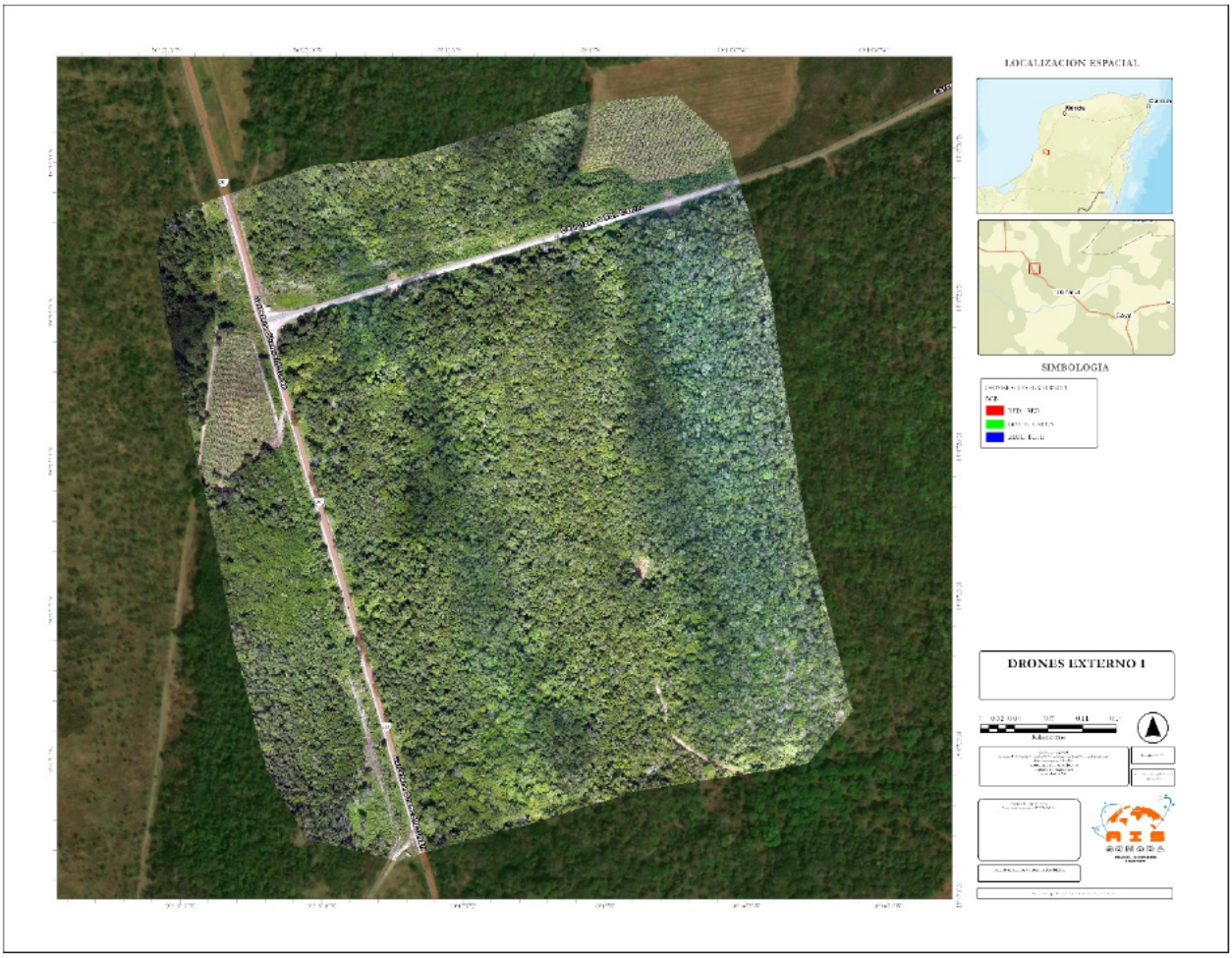
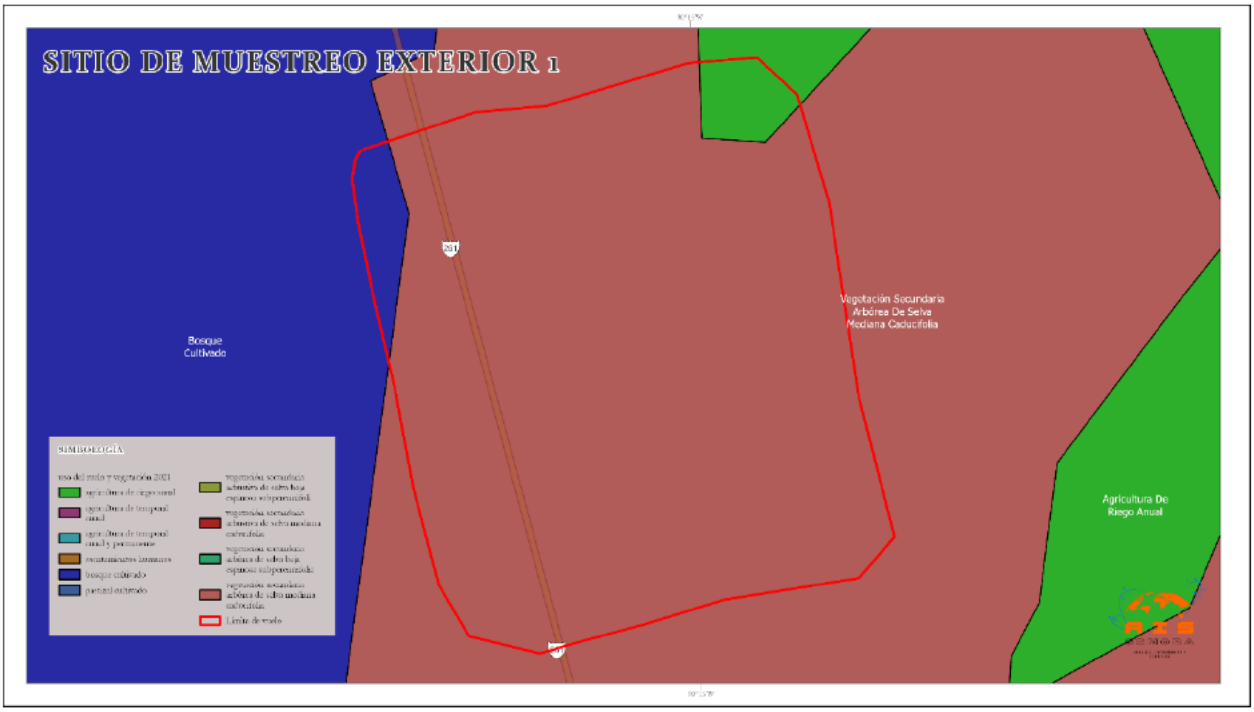


Figura 34. Mapa de ortomosaico RG del sitio de muestreo externo al sitio de proyecto 1.

En el siguiente mapa se pueden observar los tipos de vegetación reportados por INEGI en la serie VII (op.cit.) mostrando una dominancia en superficie de vegetación secundaria arbórea, con una pequeña porción de agricultura de riego y de bosque cultivado:



Los tipos de vegetación del INEGI (op.cit.) corresponden razonablemente bien y al analizar el ortomosaico y modelo 3D se pueden observar diversos desmontes adicionales para diferentes usos antrópicos como son cultivo de maíz, cultivo abandonado de maíz, nuevas vías de comunicación (brecha) así como una zona abierta para desarrollo apícola:



Sitio de muestreo 2 (externo al sitio de proyecto)

Se volaron poco más de 56 hectáreas y el ortomosaico final se aprecia en el siguiente mapa:

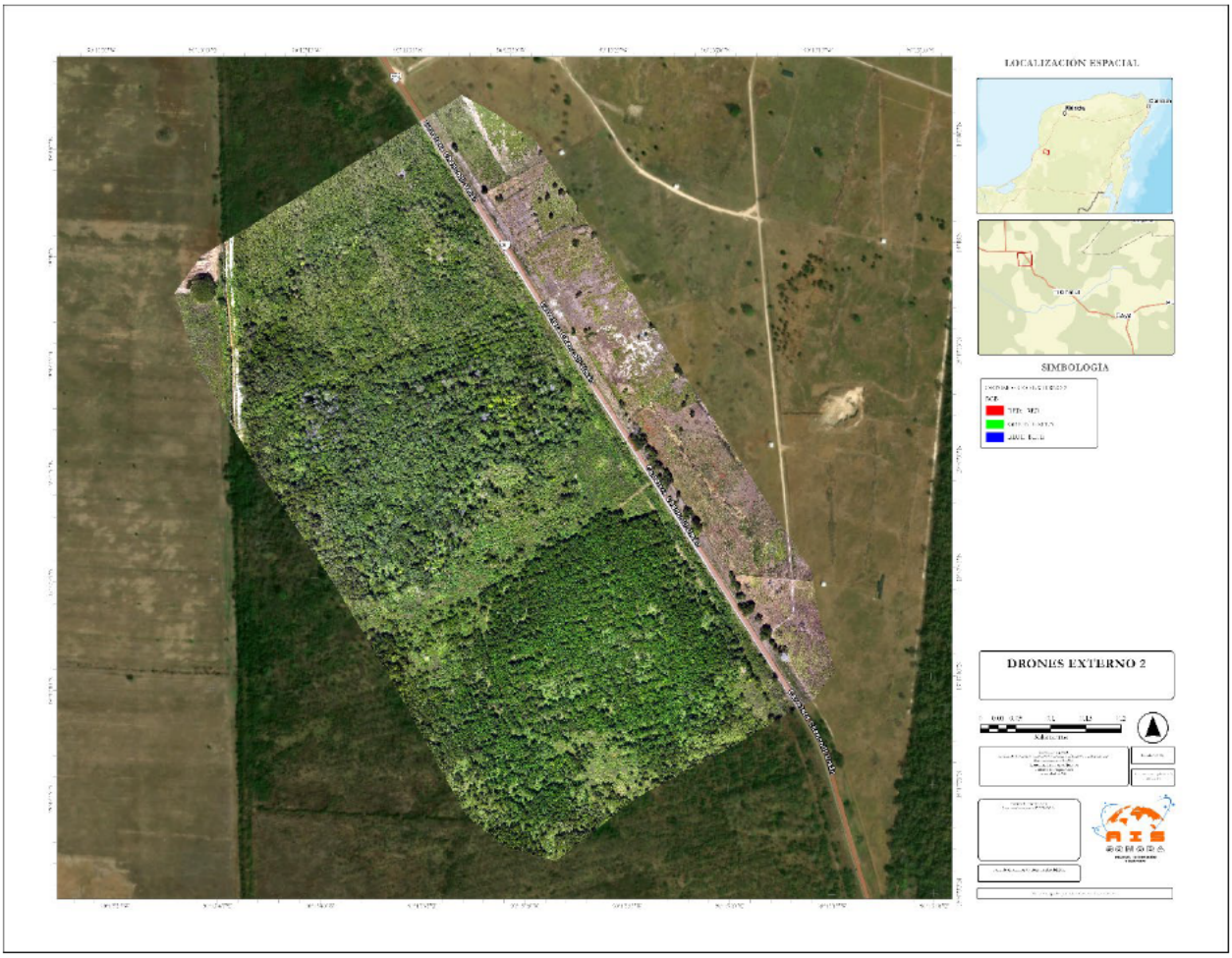
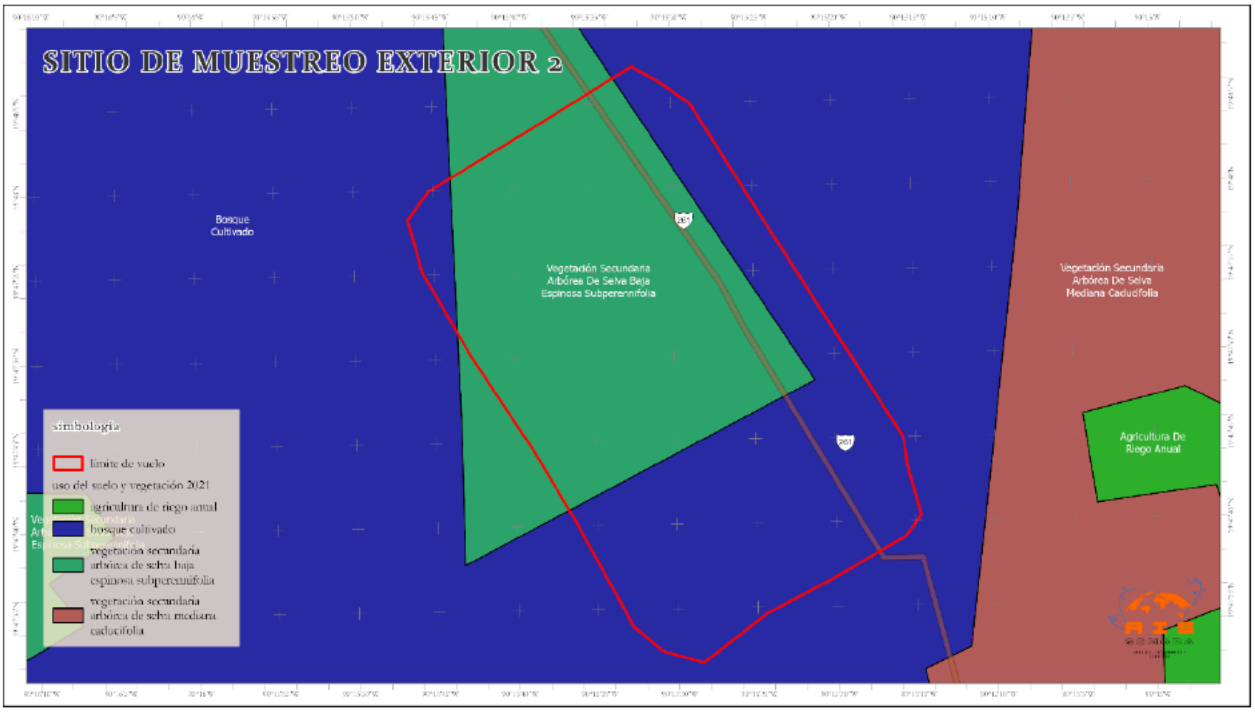


Figura 35. Mapa de ortomosaico RG del sitio de muestreo externo al sitio de proyecto 2.

En el siguiente mapa se pueden observar los tipos de vegetación reportados por INEGI en la serie VII (op.cit.) mostrando una dominancia en superficie de vegetación secundaria arbórea, rodeada de bosque cultivado:



Los tipos de vegetación del INEGI (op.cit.) muestran mayor desviación con respecto al análisis del ortomosaico y modelo 3D, primariamente por cambios en el uso del suelo más que por una asignación inadecuada de tipo vegetal. Aproximadamente un 40% del total de la superficie muestreada tiene cambios con respecto al mapa del 2021, y ninguno de ellos es para mejora del ecosistema.



Sitio de muestreo 3 (externo al sitio de proyecto)

Se volaron poco más de 46 hectáreas y el ortomosaico final se aprecia en el siguiente mapa:

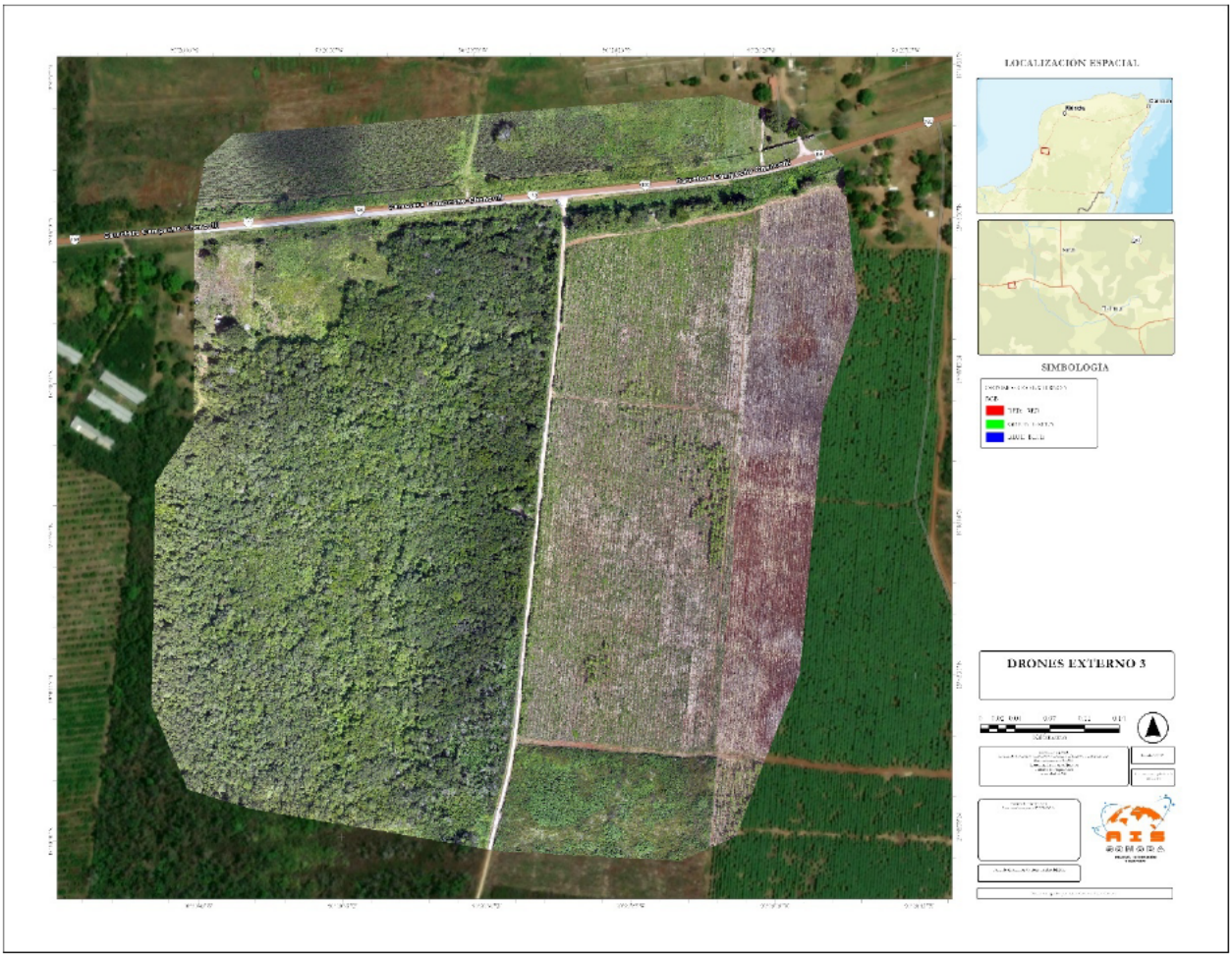
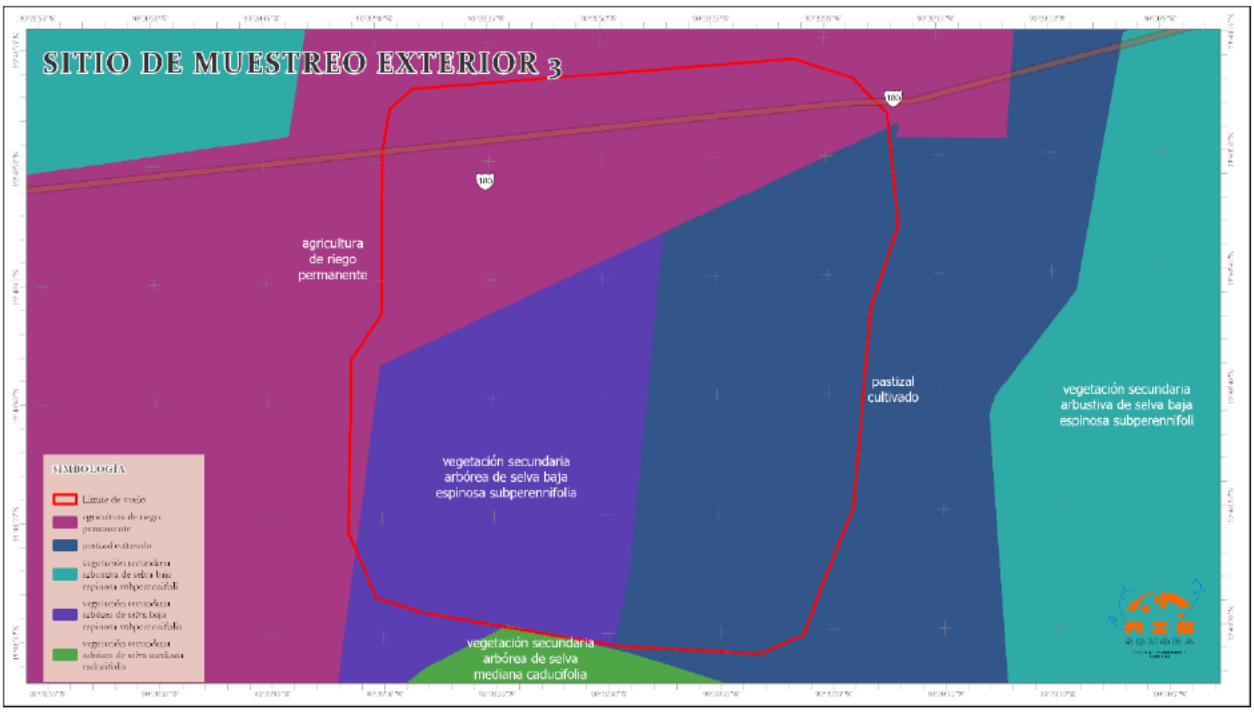


Figura 36. Mapa de ortomosaico RG del sitio de muestreo externo al sitio de proyecto 3.

En el siguiente mapa se pueden observar los tipos de vegetación reportados por INEGI en la serie VII (op.cit.) mostrando una combinación de vegetación secundaria arbórea, pastizal cultivado y agricultura de riego:



En este sitio se encontraron mayores desviaciones a lo reportado por INEGI (op.cit.) con una gran zona reportada previamente como vegetación secundaria arbórea que en algún momento se convirtió en plantación de papaya (Carica papaya) y que hoy en día tiene la gran mayor parte de los árboles muertos en suelo (ver fotografía más adelante).



En la siguiente fotografía con dron se puede observar una toma oblicua de la zona de remanentes de cultivo de papaya, con los troncos aún en el suelo. hacia el fondo, con un borde muy definido y se puede observar una activa de la misma planta sin ejemplares muertos, así que asumimos que fueron cortados intencionalmente y no por enfermedad ni por efecto climático (todas las plantas en el suelo están cortadas al ras):



Figura 37. Fotografía de cultivo de papaya afectado.

Los ejemplares en pie se ven sanos y llenos de frutos:



Figura 38. Closeup de plantas de papaya en el cultivo en el SAR.

Sitio de muestreo 4 (externo al sitio de proyecto)

Se volaron poco más de 36 hectáreas y el ortomosaico final se aprecia en el siguiente mapa:

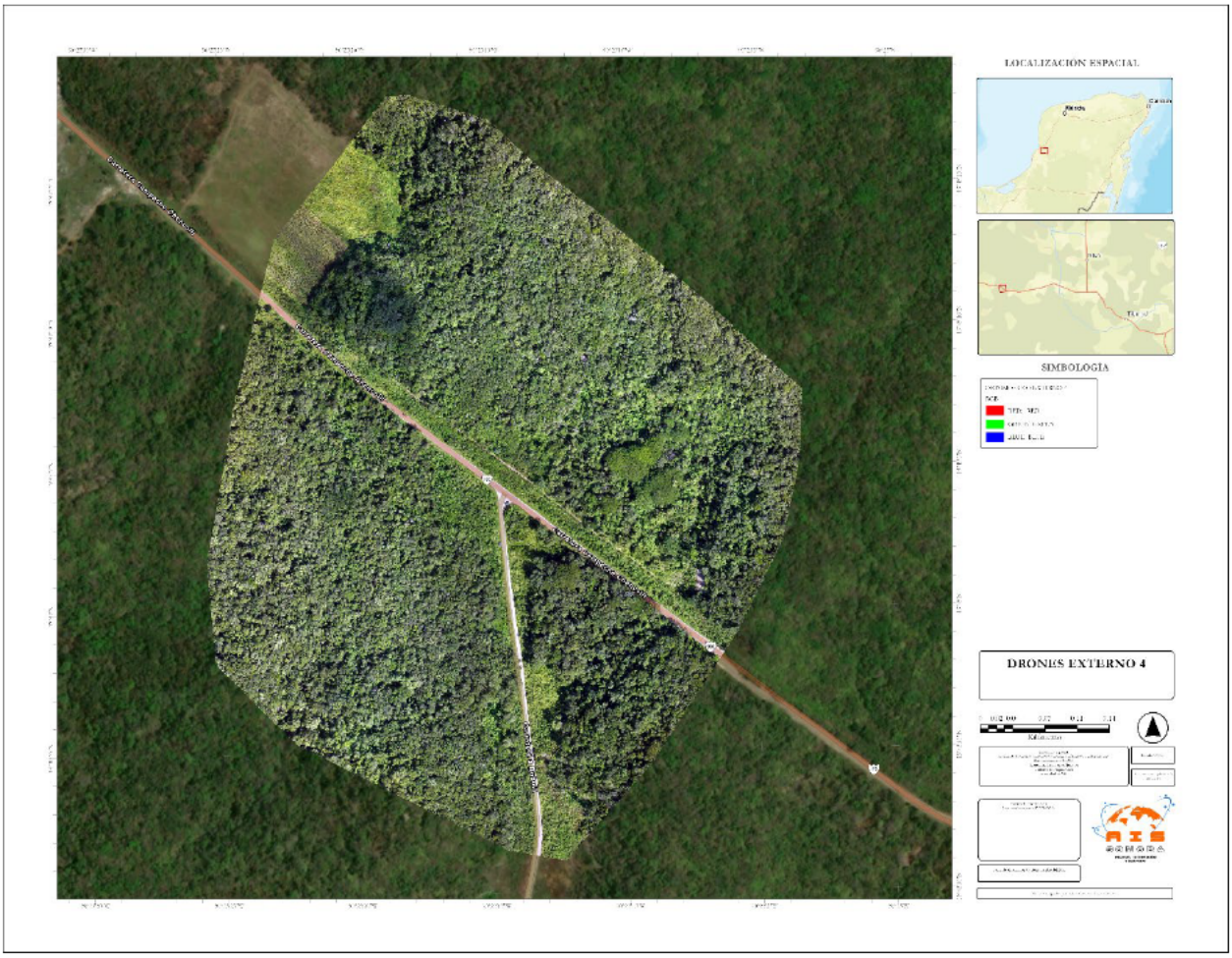


Figura 39. Mapa de ortomosaico RG del sitio de muestreo externo al sitio de proyecto 5.

En el siguiente mapa se pueden observar los tipos de vegetación reportados por INEGI en la serie VII (op.cit.) mostrando una de vegetación secundaria arbustiva combinada con vegetación secundaria arbórea:



Los tipos de vegetación del INEGI (op.cit.) muestra cambios significativos, con un gran dominio en superficie de vegetación secundaria arbórea y una pequeña porción de lo que antes era vegetación secundaria arbustiva transformada en nueva zona agrícola de temporal.



Sitio de muestreo 5 (externo al sitio de proyecto)

Se volaron poco más de 61 hectáreas y el ortomosaico final se aprecia en el siguiente mapa:

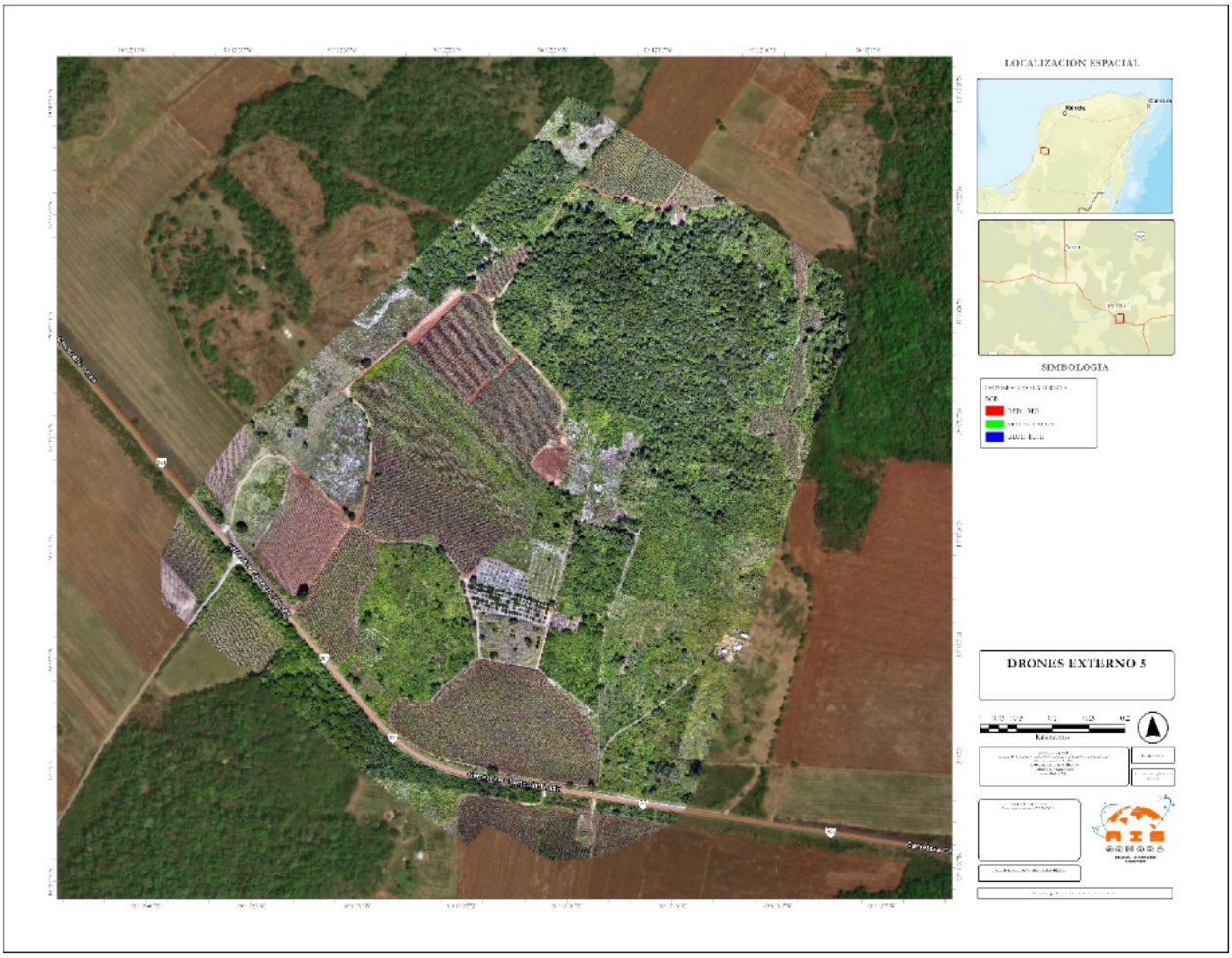
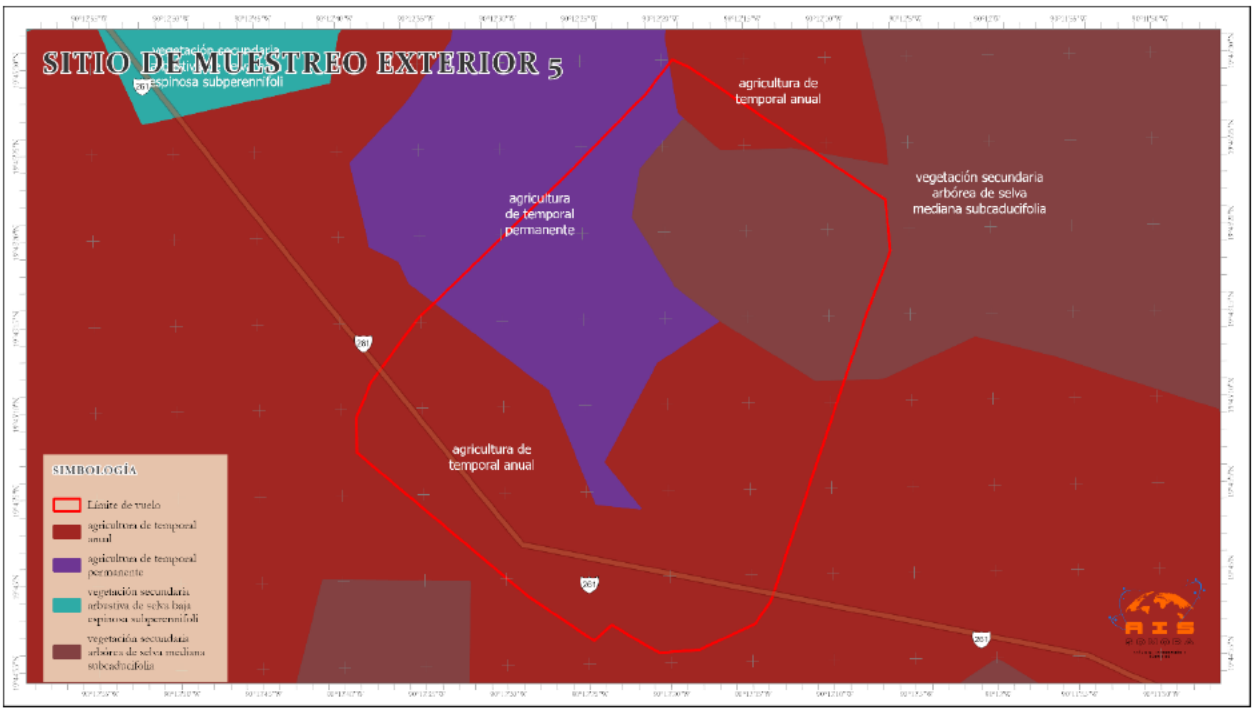


Figura 40. Mapa de ortomosaico RG del sitio de muestreo externo al sitio de proyecto 5.

En el siguiente mapa se pueden observar los tipos de vegetación reportados por INEGI en la serie VII (op.cit.) mostrando grandes zonas de agricultura combinada con una porción menor de vegetación secundaria arbórea:



La comparación con el nuevo vuelo muestra zonas adicionales de vegetación secundaria de arbórea, nuevos huertos, una zona de vegetación herbácea secundaria y algunas porciones sin vegetación aparente.



Sitio de muestreo 6 (externo al sitio de proyecto)

Se volaron poco más de 43 hectáreas y el ortomosaico final se aprecia en el siguiente mapa:

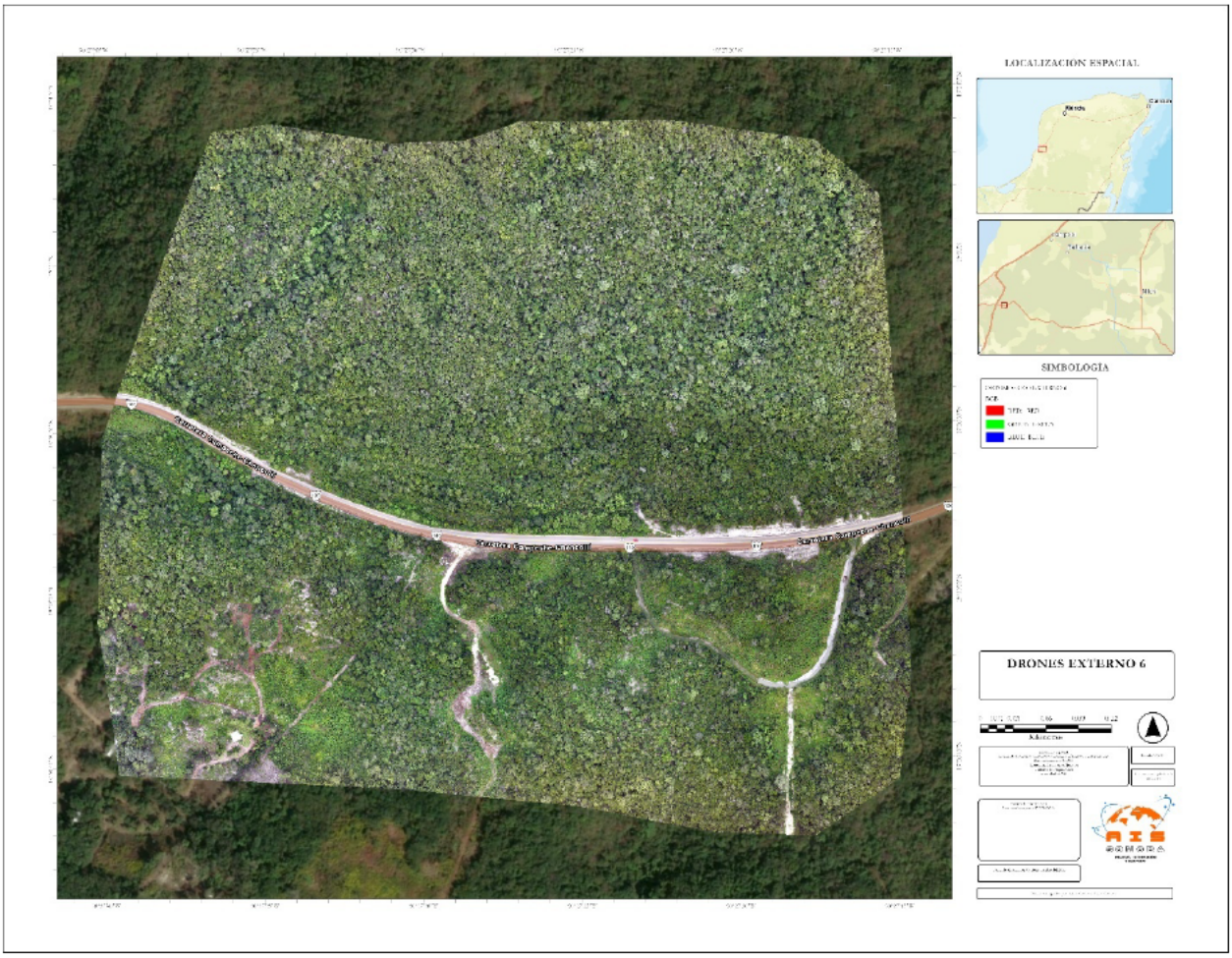
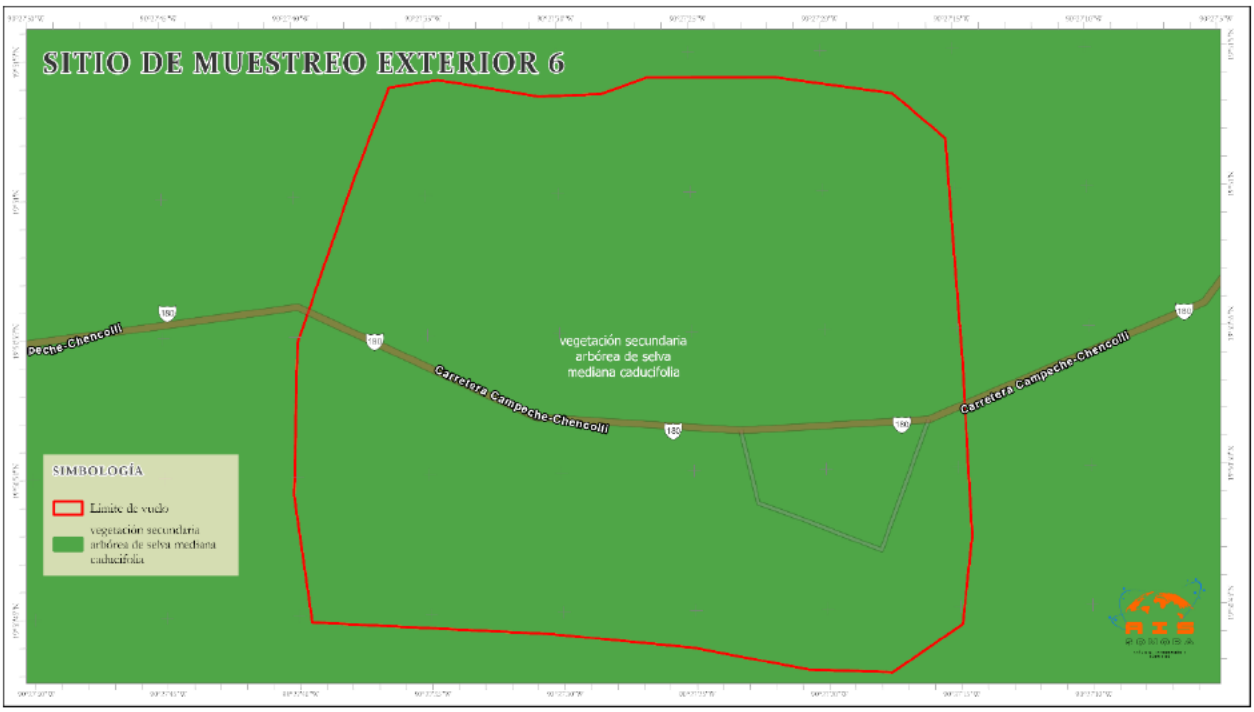


Figura 41. Mapa de ortomosaico RG del sitio de muestreo externo al sitio de proyecto 6.

El mapa de uso de suelo y vegetación establece que para la zona solo se encuentra vegetación secundaria arbórea:



Lo cual se mantiene en el nuevo levantamiento. De todos los vuelos, este es el único lugar donde no hay cambios entre lo reportado por el INEGI y la evaluación 2025:



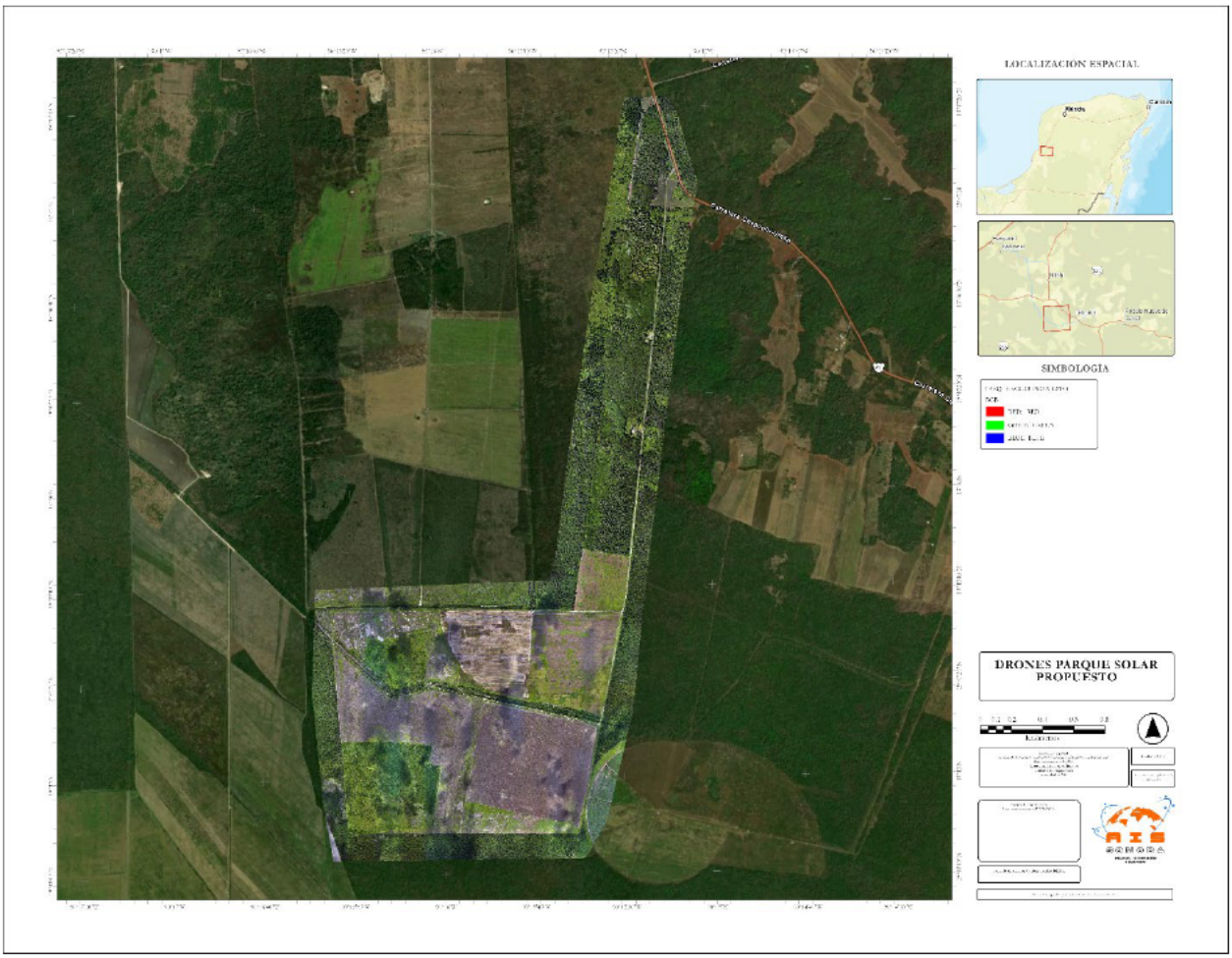
Conclusión de los levantamientos externos (SAR y cercanías al SAR)

Después de analizar los levantamientos y compararlos con el mapa de uso de suelo y vegetación nos queda claro que en la región y en nuestro país en general es necesario mapeo reciente para poder tomar decisiones en materia ambiental, especialmente en aquellas zonas con alta dinámica en cambio de uso del suelo.

Esto se vuelve particularmente importante al evaluar el impacto en el sitio del proyecto como se muestra en el siguiente apartado:

Sitio del Proyecto

El siguiente mapa muestra el ortomosaico derivado del vuelo de mapeo en sitio con su correspondiente fotogrametría:



Tipos de uso de suelo y vegetación en el área del proyecto

Tomando como referencia el mismo sistema de clasificación del INEGI (op.cit.), la visita de campo en el área del proyecto y los análisis fotogramétricos de los levantamientos con drones se describe los siguiente.

De acuerdo con la Carta de Uso de Suelo y Vegetación serie VII escala 1:250,000 en el área del proyecto convergen ocho subtipos de vegetación de los 16 que se encuentran en el SAR (INEGI, 2018):

- Agricultura de Temporal Anual
- Agricultura de Temporal Anual Y Permanente
- Agricultura de Temporal Permanente
- Bosque Cultivado
- Pastizal Cultivado
- Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Subperennifolia
- Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Caducifolia
- Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Subperennifolia

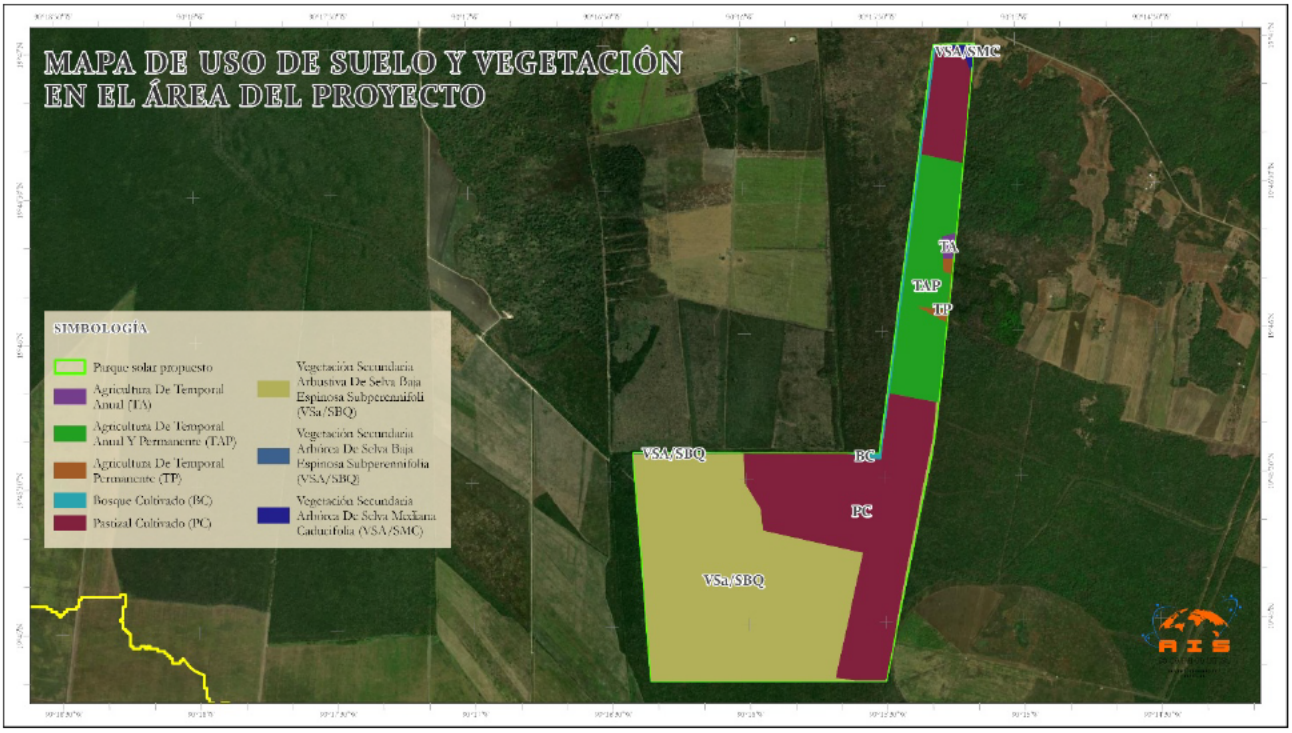


Figura 42. Tipos de vegetación del sitio de acuerdo con el INEGI 2018.

La vegetación predominante es la Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Subperennifolia con aproximadamente el 50% de la superficie total, se ubica en la porción suroeste colindando con el límite del predio. El Pastizal Cultivado ocupa el segundo lugar con 36%, abarcando dos porciones no continuas del área del proyecto, la más grande se localiza en la porción sureste y la más pequeña al norte en la entrada al predio.

El tercer tipo de vegetación más representativo es la Agricultura de Temporal Anual y Permanente con 13%, extendiéndose en un continuo en la porción centro norte del predio. El 2.46% restante lo comparten la Agricultura de Temporal Anual, Agricultura de Temporal Permanente, Bosque Cultivado, Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Subperennifolia y Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Caducifolia.

TIPO	DESCRIPCIÓN	CLAVE	HECTÁREAS	PORCENTAJE
ANTRÓPICO	Agricultura de Temporal Anual	TA	1	0.38%
	Agricultura de Temporal Anual Y Permanente	TAP	42	13.06%
	Agricultura de Temporal Permanente	TP	1	0.45%
	Bosque Cultivado	BC	4	1.15%
	Pastizal Cultivado	PC	115	35.57%
SECUNDARIO	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Subperennifolia	VSA/SBQ	0	0.12%
	Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Caducifolia	VSA/SMC	1	0.36%
	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Subperennifolia	VSa/SBQ	158	48.90%
Total			**323**	100.00%

Clasificación de uso de suelo y vegetación con datos de visita en el área del proyecto

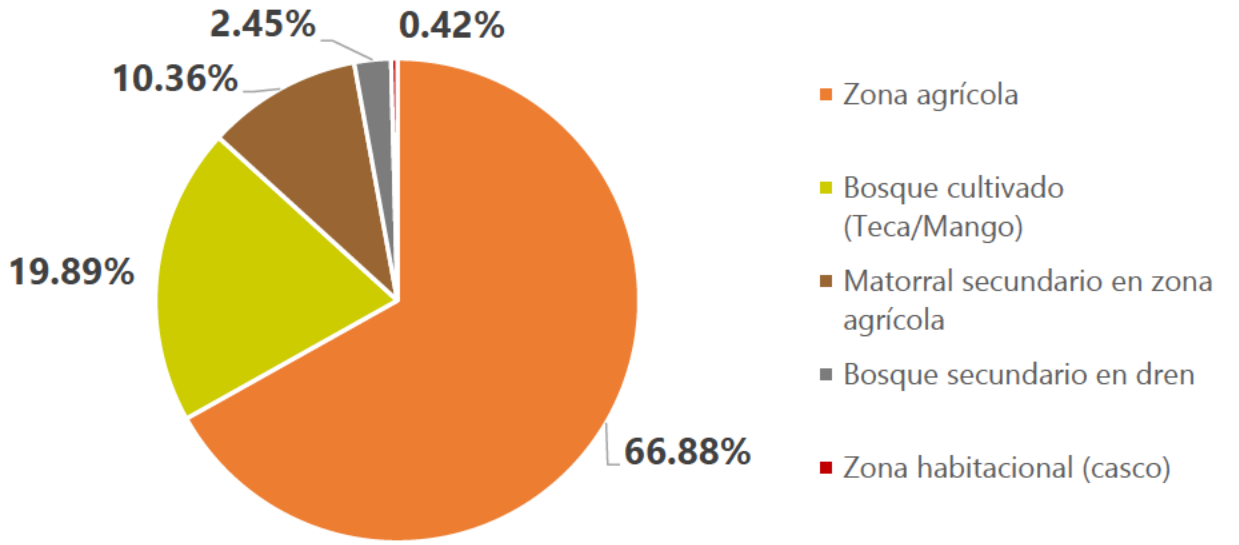
Durante la verificación de campo usando vuelos con dron y recorridos se pudo constatar que hay discrepancias con la información oficial del 2018. En la actualidad los límites de los diferentes tipos de vegetación se clasifican en cinco y se distribuyen de la siguiente forma en el área del proyecto.



Figura 43. Mapa de uso de suelo y vegetación en el sitio del proyecto nov 2025.

Se encontró que la Zona Agrícola es el tipo de vegetación con más superficie, alrededor de 67% que corresponde a 216 Ha., donde se observaron cultivos de maíz y sorgo. El bosque Cultivado es la segunda área más grande con el 20% de la superficie; con cultivos de bosque de teca y mango. El Matorral secundario en zona agrícola ocupa la tercera área mayor con el 10.3%, este matorral es el crecimiento de un ciclo agrícola sin uso de acuerdo con comunicación personal con el dueño del predio. En la parte sur, atraviesa de este a oeste un dren que fue construido para reducir los riesgos de inundaciones, esta zona tiene su propio tipo de vegetación que es un Bosque secundario que se extiende a lo largo de 8 Ha. aproximadamente y representa el 2.5% del área del proyecto. Por último, se encontró que la zona habitacional a la que le llaman "El Casco" comprende una superficie menor de menos de 1.5 Ha. con solo el 0.42% del total.

DESCRIPCIÓN	HECTÁREAS	PORCENTAJE
Bosque cultivado (Teca/Mango)	64.2	19.89%
Bosque secundario en dren	7.9	2.45%
Matorral secundario en zona agrícola	33.4	10.36%
Zona agrícola	215.9	66.88%
Zona habitacional (casco)	1.4	0.42%



Verificación con dron multiespectral en interfase de bosque cultivado y agricultura de temporal

Para corroborar la permanencia de bosque cultivado se llevó a cabo un mapeo de una porción cerca de la interfase con la zona de cultivos. El siguiente mapa muestra la zona en el sitio de proyecto donde se realizó el vuelo.

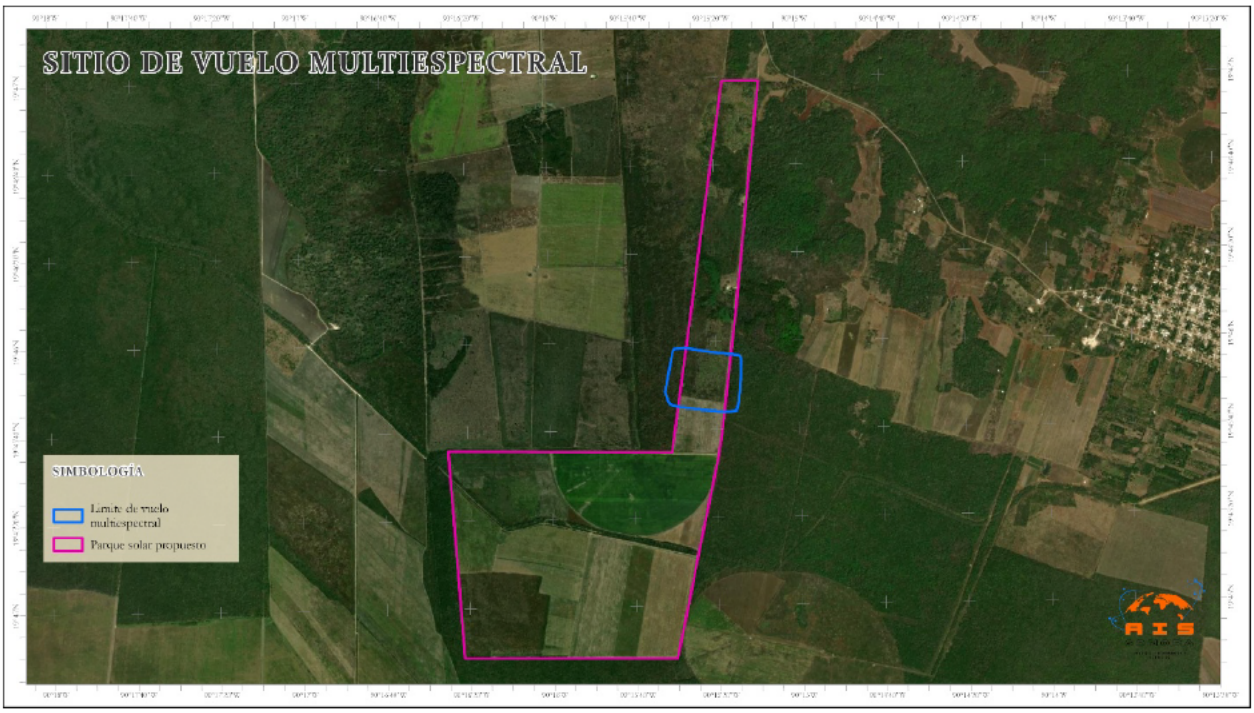


Figura 44. Localización del área de vuelo multiespectral en relación con el área del proyecto.

Para este vuelo se utilizaron los sensores multiespectrales (adicionalmente a la cámara RGB). Una vez procesadas las fotografías se integraron en ortomosaico coherente que se muestra a continuación:



Figura 45. Ortomosaico de la zona de cultivo, utilizando las bandas del especto visible (3-2-1).

Fue calculado el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) el cual es un indicador espectral que mide el estado y la vigorosidad de la vegetación. Se calcula a partir de la luz reflejada por las plantas en dos bandas del espectro electromagnético: la banda del rojo (que la clorofila absorbe fuertemente) y la banda del infrarrojo cercano (que la estructura celular de las hojas refleja intensamente). La fórmula es (NIR - Rojo) / (NIR + Rojo), donde NIR es la reflectancia en el infrarrojo cercano. Este cálculo genera un valor entre -1 y 1, donde valores altos (cercanos a 1) indican vegetación densa y sana, valores cercanos a 0 representan suelo desnudo o zonas urbanas, y valores negativos suelen corresponder a agua.

El siguiente mapa muestra los valores de dicho índice para la zona de mapeo. Se puede observar claramente como la zona de agricultura temporal en este momento cuenta con valores inferiores a cero al dominar el suelo desnudo. Por otra parte, la separación de valores coherentes por especie resalta la estructura y posición homogéneos de un cultivo de árboles (*Tectonia* en este caso), diferenciado del matorral y bosques secundarios que

muestran una mezcla caótica de valores y estructura por la mezcla de especies en oposición a un monocultivo.



Figura 46. NDVI de la zona de vuelo multiespectral.

En conclusión, la zona norte (más delgada) del predio se mantiene como bosque cultivado y, por tanto, como agrosistema.

4.3.2. Flora

De acuerdo con el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (CONABIO, 2025), se tiene registro de la presencia de al menos 464 especies de plantas en el Sistema Ambiental Regional y sus inmediaciones (en un radio de 1 km). La evaluación de este conjunto de especies bajo los criterios de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 identifica a tres especies en la categoría de "Amenazadas" (A) y a cinco como "Sujetas a Protección Especial" (Pr).

La lista de especies reguladas por la NOM-059 es la siguiente:

- Amenazadas (A): *Echinodorus cordifolius, Echinodorus nymphaeifolius, Erythrina americana.*
- Sujetas a Protección Especial (Pr): *Sabal gretherae, Cupressus benthamii, Amoreuxia palmatifida, Gossypium hirsutum, Cedrela odorata.*

En la siguiente tabla se muestran en orden taxonómico:

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOM059_2010
Equisetopsida	Alismatales	*Alismataceae*	*Echinodorus cordifolius*	Amenazada
			Echinodorus nymphaeifolius	Amenazada
	Arecales	*Arecaceae*	*Sabal gretherae*	Sujeta a protección especial
	Cupressales	*Cupressaceae*	*Cupressus benthamii*	Sujeta a protección especial
	Fabales	*Fabaceae*	*Erythrina americana*	Amenazada
	Malvales	*Bixaceae*	*Amoreuxia palmatifida*	Sujeta a protección especial
		Malvaceae	*Gossypium hirsutum*	Sujeta a protección especial
	Sapindales	*Meliaceae*	*Cedrela odorata*	Sujeta a protección especial



Figura 47. Cedro americano (Cedrela odorata) en el SAR.

La evaluación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) para especies en la zona presenta un perfil de riesgo distinto, con categorías de mayor amenaza. la lista de especies con categorías de la UICN diferente a "Preocupación menor" incluye:

En Peligro Crítico: *Guettarda elliptica*.

- En Peligro: *Capparis lundellii, Pithecellobium lanceolatum, Robinsonella mirandae*.
- Vulnerable: *Gossypium hirsutum, Cedrela odorata*.
- Casi Amenazado: *Cupressus benthamii, Caesalpinia violacea, Platymiscium yucatanum, Talisia floresii*.
- Datos Insuficientes: *Sabal gretherae*.

La siguiente tabla los enlista por orden taxonómico:

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	IUCN
Equisetopsida	Arecales	Arecaceae	*Sabal gretherae*	Datos insuficientes
	Brassicales	Capparaceae	*Capparis lundellii*	En peligro
	Cupressales	Cupressaceae	*Cupressus benthamii*	Casi amenazado
	Fabales	Fabaceae	*Caesalpinia violacea*	Casi amenazado
			Pithecellobium lanceolatum	En peligro
			Platymiscium yucatanum	Casi amenazado
	Gentianales	Rubiaceae	*Guettarda elliptica*	En peligro crítico
	Malvales	Malvaceae	*Gossypium hirsutum*	Vulnerable
			Robinsonella mirandae	En peligro
	Sapindales	Meliaceae	*Cedrela odorata*	Vulnerable
		Sapindaceae	*Talisia floresii*	Casi amenazado

Durante los trabajos de campo de verificación, se confirmó la presencia de 72 especies de plantas en el Sistema Ambiental Regional. De este total, 55 especies se registraron dentro de los límites específicos del sitio del proyecto.



Figura 48. Passiflora sublanceolata en el área del proyecto.

Cabe mencionar que en el sitio del proyecto no se encontraron especies de cactáceas (especies de lento crecimiento), mientras que las especies de disturbio o las de crecimiento rápido como hierbas y enredaderas abundaban. La siguiente fotografía muestra un ejemplo como el terreno es rápidamente cubierto por vegetación herbácea y enredaderas:



Figura 49. Ipomoea indica invadiendo las zonas de bosque cultivado.

En un punto junto al camino encontramos una gran cantidad de ejemplares de pitahaya (*Selenicereus undatus*) pero daba más la impresión de que eran ejemplares cultivados que fueron descartados en el sitio como tiradero:



Figura 50. Pitahaya (Selenicereus undatus) en el sistema ambiental regional.

Una de las plantas más notorias de la región es el Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), conocido por los lugareños como Pich u Orejón. Se le puede encontrar esporádicamente en el SAR, principalmente en los centros poblacionales. No fue localizado en el sitio del proyecto.



Figura 51. Árbol de Pich (Enterolobium cyclocarpum) en el SAR, enmedio de un cultivo de maíz.

Abundan las especies cultivadas como maíz (*Zea mays*), papaya (*Carica papaya*), tamarindo (*Tamarindus indica*), la ya mencionada pitahaya, limón (*Citrus x limon*), mangos (*Mangifera indica*), teca (*Tectonia grandis*) y similares.



Figura 52. Cultivo de palmas en el SAR, posiblemente palma de aceite (Elaeis guineensi).



Figura 53. Cultivo de teca (Tectona grandis) en el sitio del proyecto, bajo Constancia de Registro de Plantación Forestal Comercial (Bitácora 04/B6-0055/04/18 del 26 de julio del 2018).

A continuación, se presenta la lista de las especies verificadas en el SAR y en el sitio del proyecto:

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM059	SITIO DE PROYECTO
Liliopsida	Arecaceae	*Bismarckia nobilis*	Bismarck Palm		
		Cocos nucifera	coconut palm		
		Roystonea regia	Royal Palm		X
	Cyperaceae	*Cyperus iria*	Rice flat-sedge		X
		Cyperus odoratus	Fragrant flatsedge		X
	Musaceae	*Musa × paradisiaca*	Plantain		
	Poaceae	*Cenchrus ciliaris*	buffelgrass		X
		Cenchrus echinatus	Southern Sandbur		X
		Cenchrus spinifex	coastal sandbur		X
		Dichanthium annulatum	Kleberg's bluestem		X
		Lasiacis divaricata	Smallcane		X
Magnoliopsida	Acanthaceae	*Ruellia nudiflora*	violet ruellia		
	Anacardiaceae	*Mangifera indica*	Indian mango		X
	Apocynaceae	*Allamanda blanchetii*	Purple Allamanda		X
		Funastrum bilobum			X
		Funastrum clausum	white twinevine		X
		Plumeria	Frangipani trees		
		Plumeria rubra	Mexican Plumeria		
	Asteraceae	*Aldama dentata*			X
		Lagascea mollis	Silkleaf		X
		Melampodium divaricatum	Gold Medallion		
		Parthenium hysterophorus	Santa Maria feverfew		X
		Sclerocarpus divaricatus	Tropical Bonebract		X
		Simsia eurylepis			X
	Bignoniaceae	*Tabebuia rosea*	Pink poui		
	Boraginaceae	*Cordia dodecandra*	ziricote		X
	Caricaceae	*Carica papaya*	Papaya		X
	Combretaceae	*Terminalia catappa*	Sea Almond		
	Convolvulaceae	*Distimake aegyptius*	Egyptian woodrose		X
		Distimake dissectus	almendrillo		X
		Ipomoea	morning-glories		X
		Ipomoea hederifolia	scarlet creeper		X
		Ipomoea indica	oceanblue morning glory		X
		Operculina pinnatifida			
	Cucurbitaceae	*Momordica charantia*	Bitter Melon		X
	Euphorbiaceae	*Acalypha arvensis*	Field Copperleaf		X
		Cnidoscolus aconitifolius	tree spinach		X
		Euphorbia cyathophora	painted leaf		X

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM059	SITIO DE PROYECTO
		Ricinus communis	castor bean		
	Fabaceae	*Aeschynomene americana*	shyleaf		X
		Bauhinia divaricata	Pom Pom Orchid Tree		X
		Chamaecrista nictitans	sensitive pea		X
		Enterolobium cyclocarpum	elephant ear tree		
		Haematoxylum campechianum	Bloodwood Tree		X
		Leucaena leucocephala	White leadtree		X
		Macroptilium atropurpureum	Purple Bush-Bean		X
		Mimosa pigra	Giant Sensitive Plant		X
		Senegalia gaumeri			X
		Senna uniflora	Oneleaf Senna		X
		Tamarindus indica	Tamarind		X
		Vachellia cornigera	bullhorn acacia		X
	Lamiaceae	*Hyptis mutabilis*	Tropical Bushmint		X
		Mesosphaerum suaveolens	Wide Spikenard		X
		Tectona grandis	Teak		X
	Malvaceae	*Ceiba pentandra*	Kapok Tree		
		Malachra fasciata	roadside leafbract		X
		Malvastrum coromandelianum	three-lobe false mallow		X
		Malvaviscus arboreus	Turk's cap		X
		Sida spinosa	prickly fanpetals		X
	Meliaceae	*Azadirachta indica*	Neem		
		Cedrela odorata	West Indies Cedrela	PR	
	Menispermaceae	*Cissampelos pareira*	Velvetleaf		X
	Moraceae	*Ficus*	Figs		
		Ficus cotinifolia	nacapul		X
	Myrtaceae	*Psidium guajava*	Common guava		X
	Petiveriaceae	*Rivina humilis*	pigeonberry		X
	Rhamnaceae	*Karwinskia humboldtiana*	Tullidora		X
	Rubiaceae	*Hamelia patens*	Firebush		X
		Ixora coccinea	Jungle flame		
	Rutaceae	*Citrus*	citrus		X
	Verbenaceae	*Lantana horrida*			X
	Vitaceae	*Cissus verticillata*	Possum grape		X



Figura 54. Mesosphaerum suaveolens en el sitio del proyecto.

4.3.3. Fauna silvestre

La generación de los inventarios de fauna para el Sistema Ambiental Regional (SAR) se fundamentó en el uso de registros de presencia de especies obtenidos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (CONABIO, 2025), correspondientes a datos actualizados a marzo de 2025 y complementado con trabajos de campo realizados en octubre y noviembre del año en curso.

El proceso de gestión de datos incluyó las siguientes etapas:

- Descarga y procesamiento: Los registros brutos fueron descargados, sometidos a un proceso de limpieza para garantizar su consistencia, y posteriormente procesados y convertidos al formato ESRI Geodatabase.
- Criterio de selección espacial: La selección de los registros se realizó mediante un análisis de intersección espacial. Se incluyeron todos aquellos registros que se localizaban dentro de los límites del SAR o que se encontraban en un radio de 1 kilómetro a la redonda de su perímetro. Este criterio de amortiguamiento se implementó para compensar los efectos de borde y capturar la riqueza de especies asociada al área de estudio.
- Clasificación de presencia: Cada registro individual fue categorizado en campos específicos añadidos a la base de datos. Se marcó su presencia dentro del polígono general del SAR y, de manera adicional, su presencia dentro de un área de influencia más restringida, definida como el sitio del proyecto con un buffer de 500 metros.
- Herramientas de análisis: Las operaciones de selección espacial, manipulación de datos y generación de resúmenes se ejecutaron mediante la interoperabilidad entre las plataformas de software ESRI ArcGIS Pro y Tableau Desktop Pro.

Mamíferos

Durante la visita de campo a finales del mes de octubre y la primera semana del mes de noviembre de 2025 se llevaron a cabo diversas actividades para documentar la presencia de mamíferos en la zona:

- Se colocaron cuatro cámaras trampa con infrarrojo (modelo Cuddeback IR-20 mp) en sitios estratégicos elegidos por el personal de monitoreo. Las cámaras se colocaron para operar las 24 horas, en cuatro tipos diferentes de vegetación natural y cultivada.



Figura 55. Colocación de cámaras en trampa en el sitio del proyecto.



Figura 56. Cámara trampa con infrarrojo (modelo Cuddeback IR-20 mp).

- Se colocaron dos grabadoras de sonido de murciélagos (Song meter SM4BAT FS con SMM-U2 Ultrasonic Microphone). Las grabadoras se dejaron funcionando las 24 horas programadas para activarse durante las horas de la noche.



Figura 57. la Dra. Castillo y el coordinador del proyecto colocando micrófono ultrasónico para detección de murciélagos.



Figura 58. Uno de los dos dispositivos de grabado SM4BAT instalado y programado.

- Se hicieron recorridos durante todo el día, abarcando los diferentes tipos de vegetación natural primaria y secundaria, así como zonas de cultivos y cuerpos de agua. Se registraron todas las especies que fue posible observar y escuchar, así como las huellas, excretas, huesos, y cualquier otra evidencia de presencia o actividad en el sitio.
- Asimismo, se registraron todos los animales vivos o atropellados que se observaron en la carretera usada para llegar al sitio de estudio.
- También se realizaron entrevistas a las personas dueñas del predio y a las que trabajan en ese lugar, a los cuales se les preguntó por los animales que ellos han observado o registrado en el sitio de estudio.



Figura 59. Huellas de mapache (Procyon lotor) en el sitio del proyecto.

- En los recorridos de carretera se documentaron los ejemplares DOR (muertos en el camino).



Figura 60. Mapache atropellado en la carretera dentro del SAR.

- Adicionalmente, se llevaron al sitio cámaras digitales termográficas o infrarrojas (SEEK THERMAL), que detectan la presencia de animales mediante la energía infrarroja, así como detectores de murciélagos (Echo Meter Touch 2 Pro) que permiten detectar, grabar e identificar las llamadas de ecolocación ultrasónica de los murciélagos. Por razones de seguridad se decidió no transitar por las carreteras ni visitar el predio durante la noche.



Figura 61. Echo Meter Touch 2 Pro.

Como resultado de los recorridos en el campo, del fototrampeo, de entrevistas con personas de la localidad, y de la revisión bibliográfica, en el sistema ambiental regional se registran 18 especies de mamíferos terrestres. En particular, en el sitio se registraron:

Venado colablanca (*Odocoileus virginianus*). Es el venado más ampliamente distribuido en México. Se distribuye desde Canadá hasta el norte de Sudamérica. Habita en bosques templados, matorrales, selvas tropicales caducifolias, y puede incursionar en campos de cultivo y pastizales. Se distingue por su celebre cola blanca, que levanta como bandera en caso de peligro. El pelaje, en zonas tropicales tiende a ser más oscuro y rojizo. Los machos son de mayor tamaño que las hembras y presentan astas ramificadas que mudan cada año. Se determinó su presencia a través de huellas y por observaciones de la gente en el predio.



Figura 62. Huellas de Venado colablanca (Odocoileus virginianus) en el sitio del proyecto.

Pecarí de labios blancos (*Pecari tajacu*). Se distribuye desde el sur de México hasta el norte de Argentina. De todas las especies de pecarí, es la que más prefiere una cobertura vegetal cerrada y zonas muy húmedas, como las selvas tropicales húmedas; sin embargo, está posible encontrarlo en selvas secas y manglares costeros. Su pelaje tiene cerdas de color café-negruzcas, y presenta una mancha clara, en forma de barba, en la base de la boca o en torno a los labios. En promedio mide 55 cm de altura en la cruz, y una longitud de hasta 139 cm. El adulto pesa entre 25 y 40 kg. Se registraron huellas, avistamiento de un ejemplar adulto, registros auditivos, así como por observaciones de los lugareños en el predio.



Figura 63. Huella de Pecarí de labios blancos (Pecari tajacu) en el sitio del proyecto.

Armadillo (*Dasypus novemcinctus*). Se puede encontrar desde el Sur de Estados Unidos hasta el Norte de Argentina. Prefiere los lugares con cobertura de árboles y arbustos en las selvas tropicales y bosques, cercanos a cuerpos de agua o zonas húmedas, donde el suelo es más fácil de escarbar, ya que busca su alimento entre la hojarasca y bajo la tierra, y construye sus madrigueras. Puede coexistir con las actividades humanas, pero como es un animal tímido, dócil, frecuentemente es atropellado. El cuerpo y cabeza están cubiertos por una coraza, de placas dérmicas, que usa como protección contra depredadores, al enrollarse y cerrar esta armadura. Es pequeño, mide de 50 a 60 cm y pesa de 4 a 8 Kg. La cola mide 30 cm en promedio y está cubierta de escamas dispuestas en anillos. Sus patas son cortas, pero se mueve con rapidez, y tienen garras fuertes para excavar. Casi no tienen pelo, por lo que no soportan las bajas temperaturas. Se observó un ejemplar en el huerto de mangos, y se encontraron rascaderos típicos de esta especie.

Coyote (*Canis latrans*). Se distribuye desde Canadá hasta Panamá. Son extremadamente adaptables y habitan una gran variedad de ambientes naturales, como bosques templados, selvas tropicales, pastizales, desiertos y humedales, así como zonas agrícolas, suburbanas y urbanas. Su color va del gris al café, a veces con tonos rojizos. Presenta una distintiva cola espesa con la punta negra, más corta que el cuerpo. Mide menos de 60 cm de altura y entre 75-100 cm de longitud (sin la cola), y pesa de 7 a 21 kg. Orejas y hocico parecen largos en comparación con su cabeza. Detectado mediante huellas y por excretas.



Figura 64. Excreta de coyote (Canis latrans) en el sitio del proyecto.

Zorra (*Urocyon cinereoargenteus*). Presente desde el sur de Canadá hasta Colombia. Habita lugares con vegetación cerrada, tropicales, templados y semiáridos, de preferencia con acceso al agua. Ocasionalmente se acerca a zonas agrícolas y núcleos de población. Es de tamaño mediano, con el cuerpo alargado y patas relativamente cortas, con el hocico corto y agudo, orejas grandes, cola larga y espesa. El pelaje es gris oscuro o plateado en el dorso, con una banda negra que va desde la nuca a la punta de la cola y con dos rayas de pelo negro desde los ojos hacia atrás. Pesan hasta 9 km y miden hasta 1 m de longitud.



Figura 65. Fotografía de dos ejemplares Urocyon cinereoargenteus tomada en el camino principal del área del proyecto.

Jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*). Habita desde el sur de Texas hasta el norte de Argentina. Se le encuentra desde la selva tropical húmeda y seca, chaparrales y matorrales densos, hasta pastizales tropicales, asociado a cuerpos de agua. También se le encuentra en vegetación secundaria y cerca de poblaciones. Es una especie rara y poco conocida. El pelaje es corto y de apariencia áspera, de color café rojizo hasta grisáceo o casi negro, sin manchas o rosetas. Son un poco más grandes que un gato doméstico, de 50 a 77 cm de longitud, con una cola larga de 30 a 60 cm de longitud, con patas cortas y un peso entre 4.5 y 9 Kg. La cabeza es pequeña con orejas redondeadas. Fue registrado dos veces durante los recorridos diurnos, moviéndose rápidamente entre el cultivo de maíz y la vegetación secundaria que bordea el dren.

Zorrillo de espalda blanca (*Conepatus semistriatus*). Se distribuye desde el sur de México hasta el noreste de Perú y de Venezuela. Presente en hábitats tropicales, desde selva deciduas, matorrales hasta pastizales, principalmente en cañones, laderas y terrenos rocosos, con arbolado disperso; evitan las zonas de desierto y el arbolado denso. Es de tamaño pequeño, con el cuerpo alargado y las patas cortas. La cabeza es cónica por el hocico largo y robusto, con la nariz pequeña parecida a la de los cerdos, y es esencial para buscar insectos y otros invertebrados en el suelo. El cuerpo mide entre 34 y 57 cm de longitud, la cola entre 16 y 31 cm, y pesa 1.6 Kg en promedio. El pelaje es negro con dos rayas blancas desde la frente hasta la parte superior de los hombros, separadas entre sí por una línea negra. La cola es larga, densa y tupida, negra y blanca. Las garras son prominentes, adaptadas para cavar.

Mapache (*Procyon lotor*). Especie nativa de Norteamérica, se distribuye desde Canadá hasta Colombia en Sudamérica. Vive en gran variedad de hábitats, tropicales y templados, asociados a humedales y cuerpos de agua. También se le encuentra en zonas agrícolas, suburbanas y urbanas, donde aprovecha la basura y los alimentos para mascotas, así como las diversas construcciones humanas como refugios y madrigueras. Su pelaje es de color gris a café oscuro; presenta una característica coloración oscura alrededor de los ojos, como un antifaz, y una cola larga y espesa con colores claro y oscuro alternados como anillos. Es de tamaño mediano, mide de 60 a 90 cm y pesa entre 1.5 y 10 kg. Sus huellas son inconfundibles porque asemejan manos de niño. Se registró en el predio por medio de huellas, cámaras trampa, así como atropellado en la carretera.



Figura 66. Huellas de mapache (Procyon lotor) en el sitio del proyecto.



Figura 67. Mapache (Procyon lotor) capturado en cámaras trampa del sitio del proyecto.

Coatí (*Nasua narica*). Se distribuye desde el sur de Estados Unidos hasta el noroeste de Colombia. Habita en las selvas secas y húmedas, matorrales, bosques templados, ausente de las zonas más áridas. Se adaptan fácilmente a la presencia humana y puede convertirse en un problema en los lugares donde las personas le dan comida. Es un poco más grande que un gato doméstico, mide entre 80 cm y 1.3 m donde la mitad de la longitud es de la cola, y pesa entre 3 y 5 Kg. El hocico es largo, puntiagudo y la punta es muy móvil. Tiene garras bien desarrolladas y fuertes en cada uno de los cinco dedos de las patas. La

coloración dorsal varía de tonos café oscuro, rojizo o dorado. El pelaje alrededor de los ojos, borde de las orejas, garganta, barbilla y punta del hocico tiene una coloración mucho más clara que el resto del cuerpo. Presenta manchas café oscuro alrededor de los ojos, a manera de antifaz. La cola tiene anillos claros y oscuros es larga y la usa para trepar a los árboles. Puede vivir en grupos, generalmente emparentados. Los propietarios y trabajadores lo reportan como muy abundante en el sitio, y que causa daño a los cultivos. Fue observado en la carretera tanto vivo como DOR.

Tlacuache de cuatro ojos (*Philander vossi*). Es un marsupial neotropical, que vive en el sureste de México, Belice y El Salvador. Habita en la selva húmeda, áreas ribereñas, y vegetación secundaria, con presencia de cuerpos de agua. También se le encuentra en sitios muy perturbados, con construcciones humanas, y áreas de cultivo de caña de azúcar y huertos. El pelaje es corto y gris, con dos manchas claras arriba de los ojos, que asemeja otro par de ojos; las orejas son grandes, casi desnudas y negras en el borde. El cuerpo es delgado y la cabeza es grande. Mide entre 47.5 y 63 cm de longitud, la cola mide de 24 a 32 cm, y pesa de 200 a 600 gr; la cola es prensil y desnuda en la punta. Las patas traseras son más grandes y robustas que las delanteras.

Tlacuache (*Didelphis marsupialis*). Marsupial neotropical que se distribuye desde el este de México hasta el norte de Brasil. Se encuentran en las selvas tropicales y subtropicales, en sistemas ribereños, vegetación secundaria, áreas agrícolas, huertos, cafetales, y en sitios perturbados. También en zonas suburbanas y urbanas, donde causan problemas con la basura y sus madrigueras. Son robustos, con pelaje largo y grueso, con apariencia despeinada, de color oscuro, mientras que cara, dedos y cola son más claros. Cabeza de color claro con una banda oscura en la coronilla, ojos con una banda oscura alrededor, orejas grandes y negras; la cola es prensil y desnuda, por lo que la confunden con una rata gigante. Miden entre 45 y 60 cm de largo, y pesan 1.5 Kg en promedio. Pueden trepar, usando su cola prensil, pero son principalmente terrestres. Se observaron ejemplares atropellados en la carretera, y huellas en los bordes de los cultivos.

Conejo cola de algodón serrano (*Sylvilagus floridanus*). Es la especie de conejo más común y con la distribución más amplia del género, presente desde el sur de Canadá hasta el norte de Sudamérica. Tienen una gran tolerancia a diversas condiciones ecológicas, habitando distintos ambientes como pastizales, matorrales, selvas, bosques, y vegetación secundaria, donde prefiere los ambientes de borde, entre la vegetación arbórea o arbustiva y espacios más abiertos; también se adapta a campos de cultivo y áreas urbanas y suburbanas. Tiene una característica cola blanca, corta y esponjosa que le da su nombre común; es de color café grisáceo o rojizo, con un distintivo parche café

rojizo en la nuca; el adulto mide hasta 48 cm y pesa 1.5 k. Constituyen un importante eslabón de las cadenas tróficas, ya que son depredados por multitud de especies de aves y mamíferos. Se encontraron huesos en una franja de selva secundaria.



Figura 68. Conejo cola de algodón serrano (Sylvilagus floridanus) encontrados en el sitio del proyecto.

Tamandúa norteño (*Tamandua mexicana*). Se distribuye desde México hasta el norte de Perú. Habita en las selvas secas y húmedas, zonas ribereñas, manglares, en vegetación secundaria, y zonas con cultivos. Son más comunes cerca de ríos y arroyos, en árboles con abundantes enredaderas y plantas epífitas, tal vez por la mayor presencia de termitas y hormigas, que son su alimento principal. El cuerpo es robusto, con patas cortas pero muy fuertes; el tercer dedo de las patas anteriores posee una garra larga. El pelaje es corto, denso, grueso, amarillo claro en la mayor parte del cuerpo, con un distintivo parche negruzco en los costados, la espalda y los hombros, parecido a un chaleco. Tiene un rostro tubular, con un hocico alargado con una lengua larga y pegajosa, y con ojos pequeños. Tiene garras y cola prensil, casi desnuda, que le permite sujetar objetos mientras se encuentra entre los árboles. Es arborícola y excavador, de locomoción lenta. Mide hasta 1.3 m y pesa entre 3 y 5 Kg.

Mono araña (*Ateles geoffroyi*). Originalmente habitaba desde Tamaulipas hacia el sur de México y toda la península de Yucatán, por Centroamérica hasta el noroeste de Colombia. Prefiere las selvas tropicales con densa cobertura arbórea, la vegetación de zonas inundables, los pantanos y manglares, zonas cercanas a las riberas de los ríos, y regiones relativamente perturbadas. Los árboles son muy importantes pues son la mayor

parte de su fuente de alimento y de refugio. Es un mono de tamaño grande, con el cuerpo esbelto, cabeza chica en relación al cuerpo, hocico grande, extremidades extremadamente largas con cuatro dedos en forma de garra. Su cola también es muy larga y desnuda en la punta, y la usa para colgarse al moverse entre la vegetación. El pelaje es corto y puede ser negro, café o rojizo. El rostro tiene una máscara de piel desnuda alrededor de los ojos y hocico, sin pigmentación. Sus brazos, manos, piernas, pies y la cola son oscuros o negros. Todos los juveniles son negros. El cuerpo mide de 30.5 a 60 cm y la cola de 64 a 83 cm, y pesa 7.3 Km en promedio. Son sociales y viven en grupos, en la parte más alta de la copa de los árboles, donde se alimentan durante el día.

Tepezcuintle (*Cuniculus paca*). Se distribuye desde el sur de México hasta el norte de Argentina. Vive en la selva tropical, cerca de los cursos de agua. También se le encuentra en el bosque de niebla, manglares y huertos de frutales. La presencia y abundancia está relacionada con la presencia de árboles frutales y frutas en el piso de selva, por lo que los cultivos y huertos son usados como corredores para movimiento y dispersión. Es un roedor grande, con pelaje áspero, duro y tieso, de color café o anaranjado con franjas de manchas blancas y redondas. Su cabeza es grande, con mejillas abultadas, orejas cortas, vibrisas largas y ojos grandes y bien separados. Mide de 60 a 79 cm de longitud, 35 cm de altura y una cola muy corta de apenas 2-3 cm. Pesa entre 7-10 kg. Son nocturnas y pasan el día en la madriguera subterránea o en la cavidad de un tronco.

Sereque, agutí (*Dasyprocta punctata*). Se distribuye desde el sur de México hasta el noroeste de Ecuador, Colombia y occidente de Venezuela. Habita la selva tropical, zonas arbustivas densas, sabanas tropicales, y áreas agrícolas. Es importante la presencia de cuerpos de agua. Es un roedor esbelto, con pelaje café rojizo, grueso pero brilloso. Mide de 42 a 62 cm, y pesa de 2 a 3kg. Es diurno y se alimenta de frutos y semillas, que entierra y usa posteriormente, pero ayuda a la proliferación de árboles y arbustos de la selva. Es monógamo y territoriales. Fue observado corriendo y saltando velozmente de la zona de cultivo a la franja de vegetación ribereña (dique).

Puercoespín enano (*Coendou mexicanus*). Se distribuye desde el centro de México hasta el Istmo de Panamá. Habita en la selva tropical caducifolia y subcaducifolia, y vegetación secundaria en altitudes intermedias. Es una especie muy arborícola, por lo que prefiere los ambientes con un dosel cerrado. Es un roedor de tamaño mediano, con el cuerpo rechoncho, de patas cortas y cola larga, desnuda y prensil. La cabeza es gruesa, con orejas pequeñas, hocico corto y bulboso de color rosa, ojos rojos pequeños y brillantes. El pelaje es café a negruzco, que contrasta con la cabeza de color claro. Presenta pelo largo y negro, que oculta sus espinas, con excepción de la cabeza que no tiene pelo.

Usa las espinas para defensa. Miden de 32 a 46 cm, cola de 20 a 36 cm, y pesan de 1.5 a 2.6 Kg. Son nocturnos, forrajean frutas y follaje en el dosel.

Tuza crespa (*Orthogeomys hispidus*). Se distribuye por la planicie costera del Golfo de México, desde Tamaulipas hasta Honduras. Vive en las selvas húmedas y secas, matorrales, vegetación perturbada y en zonas de cultivos. Es un roedor de hábitos cavadores, que pasa la mayor parte del tiempo bajo tierra, en sus galerías extensas, en suelos poco profundos. Es de tamaño grande, hasta 34 cm y pesa casi medio kilo. Su pelaje es áspero y erizado en el dorso, café, ocre u oscuro. La cola es desnuda. Puede presentar un cojinete desnudo en la nariz. En las áreas despejadas entre los cultivos y las franjas de vegetación, se observaron los característicos montículos arriba de las galerías, si bien se notaban que no eran recientes.

Ardilla yucateca (*Sciurus yucatanensis*). Se distribuye desde la península de Yucatán hasta Guatemala. En México habita en las selvas tropicales secas y húmedas. Es una ardilla arborícola, casi endémica de la península de Yucatán. Es de cuerpo pequeño, que mide menos de 45.1 cm, que no pesa más de medio kilo. La cola es larga, de 22 cm de largo, negra con blanco. Las orejas tienen pelos de un blanco sucio. El pelaje dorsal es gris cafesoso, amarillento o rojizo, el vientre es blanco. Construyen nido de hojas y ramas en lo alto de los árboles. Existe muy poca información de la especie. Fue fotografiada mientras se alimentaba en el dosel.



Figura 69. Sciurus yucatanensis fotografiado en el sitio del proyecto.

En la siguiente tabla se muestra la totalidad de especies documentadas en el sitio y el SAR:

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	IUCN	NOM059
Artiodactyla	Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Preocupación menor	
	Tayassuidae	*Pecari tajacu*	Preocupación menor	
Carnivora	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Preocupación menor	
		Canis latrans	Preocupación menor	
	Felidae	*Herpailurus yagouaroundi*	Preocupación menor	Amenazada
	Mephitidae	*Conepatus semistriatus*	Preocupación menor	
	Procyonidae	*Procyon lotor*	Preocupación menor	
		Nasua narica	Preocupación menor	
Cingulata	Dasypodidae	*Dasypus novemcinctus*	Preocupación menor	
Didelphimorphia	Didelphidae	*Didelphis marsupialis*	Preocupación menor	
Lagomorpha	Leporidae	*Sylvilagus floridanus*	Preocupación menor	
Pilosa	Myrmecophagidae	*Tamandua mexicana*	Preocupación menor	
Primates	Atelidae	*Ateles geoffroyi*	En peligro	En peligro de extinción
Rodentia	Cuniculidae	*Cuniculus paca*	Preocupación menor	
	Dasyproctidae	*Dasyprocta punctata*	Preocupación menor	
	Erethizontidae	*Coendou mexicanus*	Preocupación menor	Amenazada
	Geomyidae	*Orthogeomys hispidus*	Preocupación menor	
	Sciuridae	*Sciurus yucatanensis*	Preocupación menor	

Vale la pena mencionar que de murciélagos (Orden Quiróptera) se reportan 55 especies de murciélagos para todo el estado de Campeche, y constituyen el grupo de mamíferos más diverso en la entidad (Vargas-Contreras et al., 2014). Sin embargo, no se encontraron publicaciones sobre las especies de murciélagos presentes en el sitio ni aparecieron en nuestros monitoreos. La localidad más cercana que cuenta con un listado la ciudad de San Francisco de Campeche, y reportan 19 de especies, desde su inicio en octubre de 2024, e incluyen registros históricos.

Las especies más comunes en la ciudad de Campeche son el murciélago frugívoro (*Artibeus jamaicensis*), el murciélago frugívoro gigante (*Artibeus lituratus*), y el murciélago de charreteras menor (*Sturnira parvidens*). Ninguna de estas especies se encuentra enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2025; en la Lista Roja de la UICN se encuentran en la categoría Preocupación menor (Least concern, Lc).

A pesar de la importancia de este y otros grupos de mamíferos, los listados actualizados de las especies de murciélagos son escasos, limitados. Campeche cuenta con la red de

Áreas Naturales Protegidas (ANPs) más extensa del país, con 6 ANPs federales, 3 estatales, 2 municipales y una privada (Villalobos-Zapata, 2010), y solo la mitad cuenta con registros de las especies de murciélagos, siendo dos de las ANPs las que concentran el 80% de los registros (Ballesteros-Barrera, 2020). Es muy necesario trabajar en su monitoreo y estudio, tanto para mejorar el estado de conocimiento como para las estrategias efectivas de manejo y conservación.

Aves

De acuerdo con el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (CONABIO, 2025), en el SAR ocurren al menos 294 especies de aves agrupadas en 57 familias, siendo las dominantes *Parulidae*, *Tyrannidae* y *Ardeidae*.

La siguiente tabla muestra las familias clasificadas por orden y el número de especies de cada una de ellas con registros en el área del SAR.

ORDEN	FAMILIA	NÚMERO DE ESPECIES
Accipitriformes	Accipitridae	14
	Pandionidae	1
Anseriformes	Anatidae	4
Apodiformes	Apodidae	1
	Trochilidae	11
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	2
Cathartiformes	Cathartidae	4
Charadriiformes	Charadriidae	1
	Jacanidae	1
	Laridae	2
	Recurvirostridae	2
	Scolopacidae	8
Ciconiiformes	Ciconiidae	2
Columbiformes	Columbidae	11
Coraciiformes	Alcedinidae	6
	Momotidae	2
Cuculiformes	Cuculidae	5
Falconiformes	Falconidae	9
Galliformes	Cracidae	1
	Odontophoridae	1
	Phasianidae	1
Gruiformes	Aramidae	1
	Heliornithidae	1
	Rallidae	8
Nyctibiiformes	Nyctibiidae	1
Passeriformes	Cardinalidae	11
	Corvidae	4
	Fringillidae	4
	Furnariidae	4
	Hirundinidae	11
	Icteridae	15
	Icteriidae	1
	Mimidae	3

ORDEN	FAMILIA	NÚMERO DE ESPECIES
	Parulidae	31
	Passerellidae	3
	Polioptilidae	3
	Thamnophilidae	1
	Thraupidae	9
	Tityridae	4
	Troglodytidae	5
	Turdidae	1
	Tyrannidae	24
	Vireonidae	10
Pelecaniformes	Ardeidae	18
	Pelecanidae	2
	Threskiornithidae	4
Piciformes	Picidae	8
	Ramphastidae	1
Podicipediformes	Podicipedidae	2
Psittaciformes	Psittacidae	4
Strigiformes	Strigidae	1
	Tytonidae	1
Suliformes	Anhingidae	1
	Fregatidae	1
	Phalacrocoracidae	4
Tinamiformes	Tinamidae	1
Trogoniformes	Trogonidae	2

Las especies con mayor frecuencia de registros son *Myiozetetes similis*, *Eupsittula nana*, *Melanerpes aurifrons*, *Zenaida asiatica*, *Ardea alba*, *Quiscalus mexicanus*, *Crotophaga sulcirostris* y *Butorides virescens* en ese orden (ver tabla de registros de aves en Anexos).



Figura 70. Tyrannus melancholichus en el sitio del proyecto.

De las 249 especies, 41 de ellas se encuentran enlistadas en la NOM059-2010 bajo alguna categoría de riesgo en el SAR. Las categorías son: "En peligro de extinción", "Amenazada" y "Sujeta a Protección especial".

Las de mayor preocupación son *Cairina moschata* (nombre común pato real), *Sarcoramphus papa* (Zopilote rey), *Jabiru mycteria* (Cigüeña jabirú) y *Egretta rufescens* (garza rojiza) ya que se encuentran "En Peligro de extinción".



Figura 71. Milano (Elanus leucurus) en el sitio del proyecto.

Las siguientes especies en orden de riesgo son las "Amenazadas": *Accipiter bicolor* (gavilán bicolor), *Geranospiza caerulescens* (gavilán aplomado), *Meleagris ocellata* (pavo ocelado), *Aramus guarauna* (carrao), *Aramides axillaris* (rascón cuello canela), *Botaurus pinnatus* (Avetoro neotropical) y *Amazona autumnalis* (loro cachetes amarillos).

Otras 30 especies se encuentras sujetas a protección especial, lo que las pone el foco de atención para tomar medidas de conservación, pero no de urgente importancia.

La siguiente tabla documenta la lista de especies con registros en el SAR según la CONABIO bajo alguna categoría de riesgo:

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOM059
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	*Accipiter bicolor*	Amenazada
			Busarellus nigricollis	Sujeta a protección especial
			Buteogallus anthracinus	Sujeta a protección especial
			Buteogallus urubitinga	Sujeta a protección especial
			Chondrohierax uncinatus	Sujeta a protección especial

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOM059
			Geranoaetus albicaudatus	Sujeta a protección especial
			Geranospiza caerulescens	Amenazada
			Leptodon cayanensis	Sujeta a protección especial
			Rostrhamus sociabilis	Sujeta a protección especial
	Anseriformes	Anatidae	*Cairina moschata*	En peligro de extinción
	Cathartiformes	Cathartidae	*Cathartes burrovianus*	Sujeta a protección especial
			Sarcoramphus papa	En peligro de extinción
	Ciconiiformes	Ciconiidae	*Jabiru mycteria*	En peligro de extinción
			Mycteria americana	Sujeta a protección especial
	Columbiformes	Columbidae	*Patagioenas nigrirostris*	Sujeta a protección especial
	Falconiformes	Falconidae	*Falco peregrinus*	Sujeta a protección especial
			Micrastur ruficollis	Sujeta a protección especial
			Micrastur semitorquatus	Sujeta a protección especial
	Galliformes	Phasianidae	*Meleagris ocellata*	Amenazada
	Gruiformes	Aramidae	*Aramus guarauna*	Amenazada
		Heliornithidae	*Heliornis fulica*	Sujeta a protección especial
		Rallidae	*Aramides axillaris*	Amenazada
	Passeriformes	Cardinalidae	*Passerina ciris*	Sujeta a protección especial
		Furnariidae	*Dendrocolaptes sanctithomae*	Sujeta a protección especial
			minutus mexicanus	Sujeta a protección especial
		Mimidae	*Melanoptila glabrirostris*	Sujeta a protección especial
		Polioptilidae	*Polioptila bilineata*	Sujeta a protección especial
		Thraupidae	*Eucometis penicillata*	Sujeta a protección especial
		Vireonidae	*Vireo pallens*	Sujeta a protección especial
	Pelecaniformes	Ardeidae	*Botaurus pinnatus*	Amenazada
			Egretta rufescens	En peligro de extinción
			Ixobrychus exilis	Sujeta a protección especial
			Tigrisoma mexicanum	Sujeta a protección especial
	Piciformes	Picidae	*Campephilus guatemalensis*	Sujeta a protección especial
		Ramphastidae	*Pteroglossus torquatus*	Sujeta a protección especial
	Podicipediformes	Podicipedidae	*Tachybaptus dominicus*	Sujeta a protección especial
	Psittaciformes	Psittacidae	*Amazona albifrons*	Sujeta a protección especial
			Amazona autumnalis	Amenazada
			Aratinga astec	Sujeta a protección especial
			Eupsittula nana	Sujeta a protección especial
	Tinamiformes	Tinamidae	*Crypturellus cinnamomeus*	Sujeta a protección especial

Tomando en consideración lo que documenta la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) en su lista roja de especies dentro del SAR solo ocurren tres especies bajo la categoría "Casi amenazado", que es (se cita textualmente de la UICN

(2001): "Un taxón está Casi Amenazado cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente, los criterios para En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable; pero está próximo a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga, en el futuro cercano".

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	UICN
Aves	Galliformes	Phasianidae	*Meleagris ocellata*	Casi amenazado
	Passeriformes	Parulidae	*Vermivora chrysoptera*	Casi amenazado
	Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta rufescens*	Casi amenazado

Otras 278 especies que convergen en SAR han sido clasificadas como "Preocupación menor" por la UICN lo que indica que "habiendo sido evaluado, no cumple ninguno de los criterios que definen las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazado. Se incluyen en esta categoría taxones abundantes y de amplia distribución" (UICN, 2001).



Figura 72. Falco sparverius en la localidad de Tikinmul, dentro del SAR.

Censo de Aves en el SAR y Área del Proyecto

Para cuantificar el número de individuos y especies presentes dentro del SAR y en el área del proyecto se utilizó la técnica llamada punto de conteo de 3 bandas. Este método es versátil y se adapta a diferentes condiciones. Consiste en registrar, contar y anotar todas las aves vistas o escuchadas en un lapso de 10 minutos alrededor de un punto fijo previamente establecido.

Se estableció un radio de 30 metros como primera banda, una segunda banda de 100 metros, y finalmente fuera de los 100 metros es la tercera banda.

Los puntos de conteo fueron ubicados bajo los siguientes criterios:

- De acuerdo con el tipo de vegetación.
- Con una distancia mínima de 200 m entre cada punto (para reducir la posibilidad de contar a los mismos individuos).

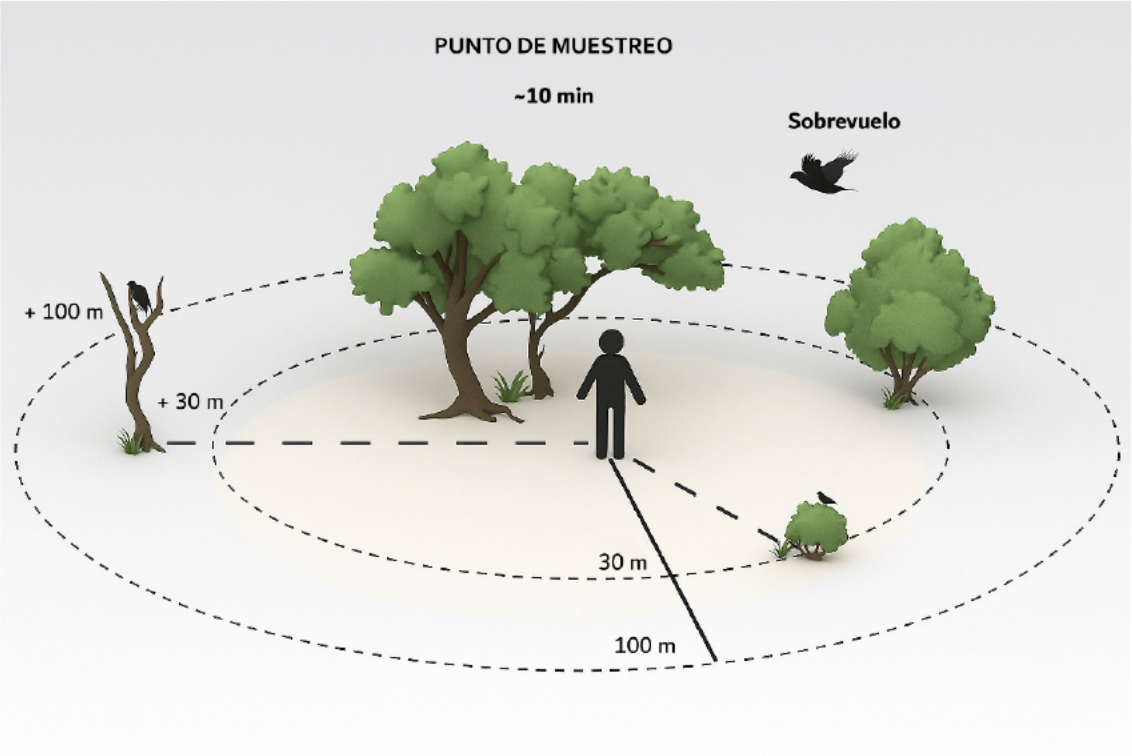


Figura 73. Ejemplificación del método punto de conteo de 3 bandas para monitoreo de aves.

La cantidad de puntos dentro del área de estudio dependió de los objetivos específicos del monitoreo, pero de manera general, se establecieron al menos 20 puntos. Los puntos establecidos en el área del proyecto se colocaron sistemáticamente en los límites del predio y en la parte media del área más grande donde atraviesa el dren.



Figura 74. Localización espacial de los puntos de muestreo de aves en el área del proyecto.

Por respeto de los usos y costumbres de las comunidades locales, así como de la propiedad privada y considerando que el SAR abarca una superficie extensa con vegetación predominantemente densa, se determinó realizar el recorrido desde la carretera. El trayecto comprendió desde la bajada de Periférico a la carretera Chencollí-Umán (km 8) hasta el poblado de Cayal, recorriendo longitudinalmente la zona central del SAR. Se establecieron puntos sistemáticos aproximadamente cada 3.5 a 5 Km con paradas de 10 minutos cada una, se registraron las especies y números de individuos observados y escuchados.

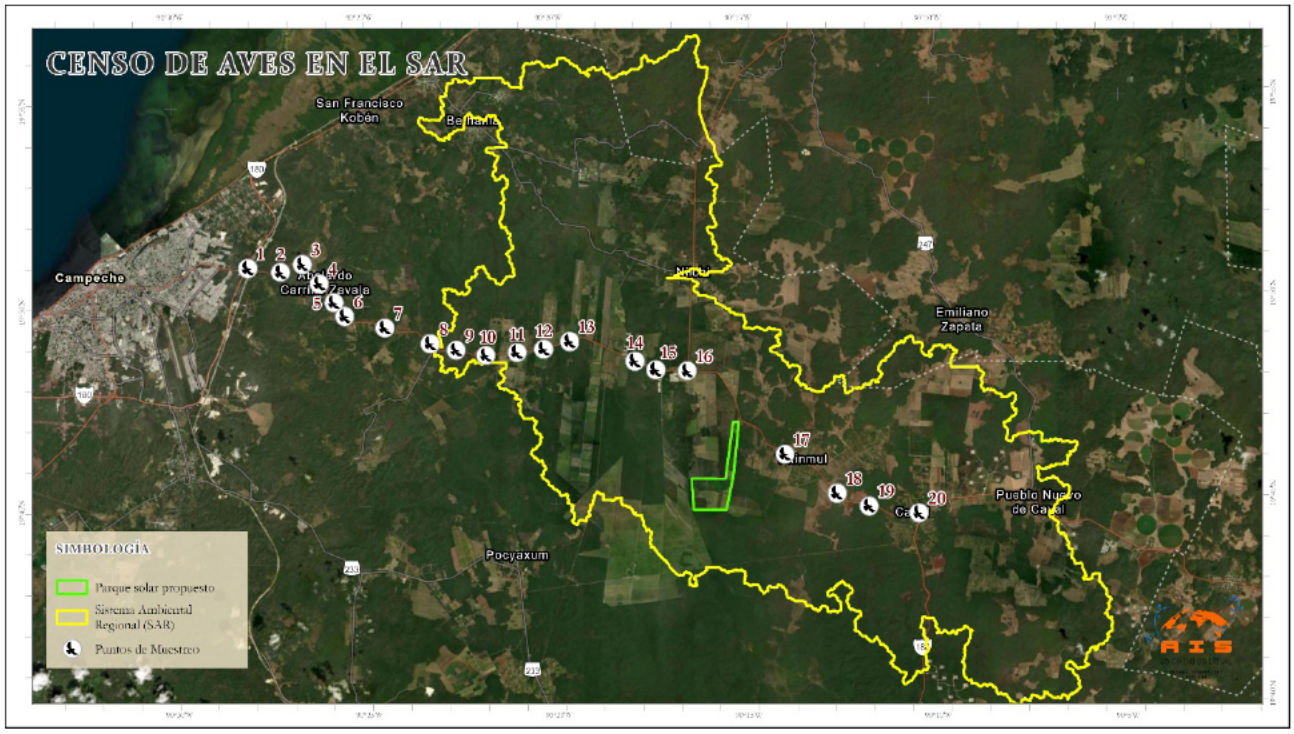


Figura 75. Localización espacial de los puntos de muestreo de aves en el SAR.

Los censos de aves realizados permitieron obtener los siguientes resultados:

SITIO	PUNTO	NO. DE ESPECIES POR PUNTO	NO. DE INDIVIDUOS
Área del Proyecto	1	2	17
	2	13	19
	3	8	34
	4	10	26
	5	7	36
	6	16	84
	7	18	224
	8	12	111
	9	20	67
	10	13	27
	11	7	25
	12	20	76
	13	15	21
	14	12	134
	15	10	106
	16	12	19
	17	3	11

SITIO	PUNTO	NO. DE ESPECIES POR PUNTO	NO. DE INDIVIDUOS
	18	6	11
	19	6	15
	20	11	102
	21	8	24
	22	7	25
	23	20	80
SAR	1	10	33
	2	6	10
	3	7	19
	4	14	55
	5	9	34
	6	12	23
	7	7	20
	8	15	42
	9	11	62
	10	15	39
	11	7	53
	12	12	58
	13	10	16
	14	6	19
	15	9	13
	16	10	20
	17	4	16
	18	10	10
	19	4	5
	20	9	14

En el Área del Proyecto se establecieron 23 puntos de muestreo, en los cuales el número de especies registradas por punto varió entre 2 y 20 especies. El número de individuos observados por punto osciló entre 11 y 224 ejemplares, siendo este último el valor máximo registrado en un solo punto.

Por otra parte, en el SAR se realizaron 20 puntos de muestreo, donde se documentó una riqueza específica que varió entre 4 y 15 especies por punto, con un número de individuos que fluctuó entre 5 y 62 ejemplares.



Figura 76. Tigrisoma mexicanum en el sitio del proyecto.

Respecto al conteo total de especies e individuos en el área del proyecto se identificaron un total de 74 especies y 1,294 individuos, donde las especies más abundantes fueron *Zenaida asiatica*, *Cyanocorax yucatanicus*, *Molothrus aeneus* y *Dendrocygna autumnalis*, que en conjunto suman más 600 individuos.

En el SAR se encontraron 59 especies distribuidas en 561 individuos. La especie mejor representada fue *Quiscalus mexicanus* (Zanate mexicano) con 74 individuos, seguida de *Columbina talpacoti* (Tortolita canela) con 36 individuos. En tercer lugar, se ubicaron *Cyanocorax yucatanicus* (Chara yucateca) y *Dives dives* (Tordo cantor) ambas con 34 ejemplares.

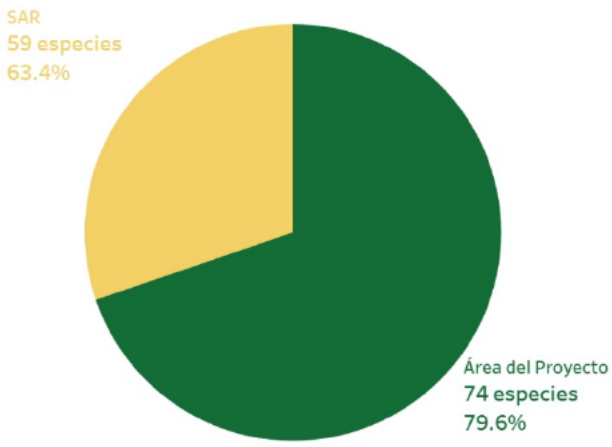


Figura 77. Gráfica de relación de número de especies encontradas en el área del proyecto y en el SAR.

La siguiente tabla presenta el detalle de los resultados obtenidos en cada punto de muestreo para ambas zonas, indicando el número de especies y de individuos registrados por punto.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ÁREA DEL PROYECTO	SAR
Zenaida asiatica	Paloma alas blancas	206	21
Cyanocorax yucatanicus	Chara yucateca	178	34
Molothrus aeneus	Tordo ojo rojo	123	25
Dendrocygna autumnalis	Pato pijije	101	3
Tachycineta albilinea	Golondrina manglera	84	19
Cathartes aura	Zopilote aura	74	6
Dives dives	Tordo cantor	65	34
Stelgidopterix serripennis	Golondrina alas aserradas	48	7
Coragyps atratus	Zopilote de cabeza negra	48	13
Tyrannus melancholicus	Tirano pirirí	31	18
Volatinia jacarina	Semillero brincador	29	19
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero pijuy	29	8
Passerina ciris	Siete colores	23	
Hyrundo rustica	Golondrina tijereta	15	
Buteo brachyurus	Aguililla cola corta	15	
Icterus spurius	Calandria castaña	14	8
Rupornis magnirostris	Aguililla caminera	13	3
Sporophila morelleti	Semillero de collar	12	3
Caracara plancus	Caracara quebrantahuesos	11	1
Icterus cucullatus	Calandria dorso negro menor	9	3
Icterus auratus	Calandria dorso naranja	9	
Geothlypis trichas	Mascarita común	9	
Chaetura vauxi	Vencejo de Vaux	9	
Empidonax minimus	Papamoscas mínimo	8	5
Pitangus sulphuratus	Luis bienteveo	7	24
Setophaga magnolia	Chipe de magnolia	6	4
Myiozetetes similis	Luisito común	6	32
Myiopsitta monachus	Perico monje argentino	6	5
Leptotila verreauxi	Paloma arroyera	6	
Leiothlypis peregrina	Chipe peregrino	5	
Cyrcus hudsonius	Gávilan rastrero	5	2
Polioptila caerulea	Perlita gris	4	10
Ortalis vetula	Chachalaca norteña	4	
Icterus mesomelas	Calandria cola amarilla	4	
Icteria virens	Chipe grande	4	
Geranoaetus albicaudatus	Aguililla cola blanca	4	

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ÁREA DEL PROYECTO	SAR
Falco femoralis	Halcón aplomado	4	
Eupsittula nana	Perico pecho sucio	4	4
Elanus luecurus	Milano cola blanca	4	
Dumetella carolinensis	Pájaro gato gris	4	
Columbina minuta	Tortolita pecho liso	4	
Pheuticus ludovicianus	Pico gordo degollado	3	
Icterus gularis	Calandria dorso negro mayor	3	4
Amazilia rutila	Colibrí canelo	3	25
Zenaida macroura	Huilota común	2	1
Xiphorhychus flavigaster	Trepatroncos bigotudo	2	
Tyrannus couchii	Tirano cuir	2	5
Turdus grayi	Mirlo café	2	1
Saltator grandis	Saltador grande	2	2
Quiscalus mexicanus	Zanate mexicano	2	74
Parkesia noveboracensis	Chipe charquero	2	
Columbina inca	Tortolita cola larga	2	7
Coccyzus minor	Cuclillo manglero	2	1
Cathartes burrovianus	Aura sabanero	2	
Buteo plagiatus	Aguililla gris	2	
Vireo griseus	Vireo ojos blancos	1	1
Tolmomyias sulphurescens	Mosqurito ojos blancos	1	
Spinus psaltria	Gigero dominico	1	
Setophaga ruticilla	Pavito migratorio	1	
Porzana carolina	Polluela sora	1	
Passerina caerulea	Pico gordo azul	1	
Meleagris ocellata	Pavo ocelado	1	
Melanerpes aurifrons	Carpintero cheje	1	6
Falco columbarius	Halcón esmerejón	1	
Euphonia affinis	Eufonia garganta negra	1	1
Egretta thula	Garza dedos dorados	1	1
Columbina talpacoti	Tortolita canela	1	36
Chordeiles acutipennis	Chotacabras menor	1	
Chlorestes candida	Colibrí candidó	1	
Buteo jamaicensis	Halcón cola roja	1	
Buteo albonotatus	Aguililla aura	1	
Ardea alba	Garza blanca	1	2
Aramides albiventris	Rascon nuca canela	1	
Amazona albifrons	Perico frente blanca	1	
Vireo pallens	Vireo manglero		6
Thraupis episcopus	Tangara azulgris		2

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ÁREA DEL PROYECTO	SAR
Streptopelia decaocto	Paloma turca de collar		15
Setophaga coronata	Chipe rabadilla amarilla		2
Setophaga citrina	Chipe encapuchado		1
Piranga rubra	Piranga roja		15
Patagioenas flavirostris	Paloma morada		1
Nycticorax nycticorax	Garza nocturna corona negra		1
Mniotilta varia	Chipe trepador		2
Mimus gilvus	Centzontle tropical		9
Jacana spinosa	Jacana norteña		2
Falco sparverius	Cernícalo americano		2
Eumomota superciliosa	Momoto cejas azules		1
Cyanocorax morio	Chara pea		8
Columba livia	Paloma doméstica		1
Cardinalis cardinalis	Cardenal norteño		1
Buteogallus anthracinus	Aguililla negra menor		2
Ardea ibis	Garza ganadera		11
Ardea herodias	Garza morena		1
	TOTAL	**1294**	**561**

Respecto a las especies bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-10, en los muestreos censales solo se obtuvieron registros de cuatro especies únicamente en el área del proyecto que están dentro de Protección o Amenazada.

SITIO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NOM059
Área del Proyecto	*Buteo albonotatus*	Aguililla aura	Pr
	Falco femoralis	Halcón aplomado	A
	Geranoaetus albicaudatus	Aguililla cola blanca	Pr
	Meleagris ocellata	Pavo ocelado	A



Figura 78. Fotografía de Zenaida asiatica tomada en el predio La Loma (área del proyecto).



Figura 79. Rupornis magnirostris en el sitio del proyecto.



Figura 80. Piranga rubra en el SAR.

Reptiles y anfibios

Se realizó una prospección del polígono por medio del uso de drones y exploración in situ para identificar diferentes tipos de hábitats disponibles, tomando en cuenta la estructura de la vegetación y fuentes de agua. Se determinaron cuatro hábitats principales: áreas de cultivo, vegetación secundaria y hábitat asociado al dren. Se realizaron recorridos tratando de abarcar todo el perímetro del polígono, dos atravesando las áreas de cultivo y uno a lo largo de todo el dren.

En los recorridos se realizó muestreo directo por registro visual, realizando una búsqueda activa de anfibios y reptiles inspeccionando zonas de percha preferentes, así como debajo de rocas, troncos y residuos antropogénicos. También se realizó muestreo indirecto registrando exuvias y rastros encontrados en las caminatas. Las herramientas utilizadas para captura de ejemplares fueron ganchos herpetológicos y captura manual, se georreferenció con GPS y se realizó registro fotográfico para su verificación, cuando los ejemplares lo permitieron. Después del registró se liberó al animal en el mismo sitio. Cabe mencionar que no se capturaron todos los ejemplares observados y la mayoría se registró por fotografía a distancia o prospección visual.

Listado de especies

A continuación, se presenta un listado de especies registradas y su ubicación dentro del polígono del proyecto:

FECHA	ESPECIE	COORDENADAS
01/11/2025	*Coniophanes imperialis*	19°45'29''N, 90°16'24''W
01/11/2025	*Kinosternon cruentatum*	19°45'29''N, 90°16'24''W
02/11/2025	*Aspidoscelis angusticeps*	19°45'11''N, 90°15'25''W
02/11/2025	*Ctenosaura similis*	19°45'11''N, 90°15'25''W
02/11/2025	*Coniophanes imperialis*	19°45'16''N, 90°15'48''W
02/11/2025	*Conophis lineatus concolor*	19°45'16''N, 90°15'48''W
02/11/2025	*Ctenosaura similis*	19°46'11''N, 90°15'16''W
03/11/2025	*Ctenosaura similis*	19°46'12''N, 90°15'19''W
03/11/2025	*Holcosus undulatus*	19°46'48''N, 90°15'10''W
04/11/2025	*Aspidoscelis angusticeps*	19°45'17''N, 90°15'23''W
04/11/2025	*Spilotes pullatus*	19°44'48''N, 90°15'34''W
04/11/2025	*Kinosternon cruentatum*	19°44'47''N, 90°15'35''W
04/11/2025	*Coniophanes imperialis*	19°44'48''N, 90°15'53''W
04/11/2025	*Rhinoclemmys areolata*	19°44'48''N, 90°15'56''W
04/11/2025	*Incilius valliceps*	19°44'58''N, 90°15'54''W
04/11/2025	*Rhinoclemmys areolata*	19°44'58''N, 90°15'54''W

FECHA	ESPECIE	COORDENADAS
04/11/2025	*Boa imperator*	19°45'16''N, 90°15'50''W
04/11/2025	*Ctenosaura similis*	19°45'16''N, 90°15'49''W
04/11/2025	*Ctenosaura similis*	19°45'16''N, 90°15'49''W
04/11/2025	*Exuvia de Drymarcon melanurus*	19°45'13''N, 90°15'35''W
04/11/2025	*Holcosus undulathus*	19°45'14''N, 90°15'39''W
05/11/2025	*Aspidoscelis angusticeps*	19°45'15''N, 90°15'24''W
05/11/2025	*Ctenosaura similis*	19°45'19''N, 90°16'03''W

Descripción de las especies registradas

- **Culebra de rayas negras (*Coniophanes imperialis*)**

Serpiente de talla pequeña, presenta una coloración café con un patrón de rayas dorsales y laterales y una raya temporal de color claro en a través del ojo. En México, su distribución potencial es a través del este del país, incluyendo la península de Yucatán y también está presente en la vertiente del Pacífico mexicano en la región del Istmo de Tehuantepec en el sureste de Oaxaca. Habita bosques tropicales caducifolios, bosques lluviosos, márgenes de humedales, selvas caducifolias e incluso se ha registrado en bosques de pino-encino. Es de hábitos nocturnos mayormente, terrestre y suele ocultarse debajo de troncos o entre la hojarasca (Heimes, 2016).



Figura 81. Culebra de rayas negras (Coniophanes imperialis) en el sitio del proyecto.

- **Víbora negra (*Drymarchon melanurus*)**

Es una especie no venenosa que mide en promedio entre 180 y 240 cm, con escamas suaves y un color marrón claro en la mayor parte de su cuerpo que se oscurece hasta volverse negro hacia la cola, siendo generalmente su parte inferior más clara. Su distribución en México corresponde principalmente a la zona neotropical y se le encuentra desde el sur de Texas en Estados Unidos, continuando por las costas del Golfo de México y la península de Yucatán hasta Belice y Guatemala; por la vertiente del Pacífico se extiende desde Sonora hasta Chiapas en México, pasando por Centroamérica y llegando al norte de Sudamérica, con un rango altitudinal de 0 a 1,900 metros sobre el nivel del mar, registrándose también en algunos estados del centro del país como San Luis Potosí, Guanajuato y Morelos. De hábitos terrestres, su presencia se asocia generalmente a cuerpos de agua y habita en diversos tipos de bosques como el seco montano bajo, el húmedo montano bajo y el muy húmedo montano bajo (Montoya-Ferrer et al., 2020).



Figura 82. Muda de Drymarchon melanurus encontrada en el sitio del proyecto.

- **Tortuga candado (*Kinosternon cruentatum*)**

Conocida también como tortuga estuche, es de tamaño medio con diferencia en la longitud entre hembras y machos, con medidas promedio del carapacho entre 18 y 22 cm. Se caracterizan por un carapacho fuertemente tricarinado, de forma alargado y ovalado con la mitad posterior más ancha. Poseen un plastrón bien desarrollado con una sola bisagra entre los escudos pectoral y abdominal. El color del caparazón es muy

variable que va de café a verde oliva o negro, con el plastrón gris, amarillo, naranja, café o negro, usualmente con suturas más oscuras. La cabeza es moderadamente grande con una ligera proyección del hocico y con la mandíbula superior en forma de gancho, la cola del macho es larga y la de la hembra es corta. Sus hábitos son terrestres y semiacuáticos, pero es más caminadora bentónica, por lo cual también la llaman tortuga de lodo. Se encuentra activa principalmente en el crepúsculo y la noche, su dieta suele ser carnívora y carroñera.

Su distribución potencial en México es principalmente por la vertiente del Pacífico desde Jalisco hasta Chiapas, y por la vertiente del Golfo desde Tamaulipas hasta la península de Yucatán. Es una especie de amplia tolerancia ecológica, capaz de habitar casi cualquier cuerpo de agua, preferentemente aguas oscuras, dulceacuícolas y aislados de ríos grandes (Iverson & Berry, 2024).

- **Huico yucateco (*Aspidoscelis angusticeps*)**

Es una lagartija perteneciente a la familia Teiidae. Nativo de la península de Yucatán y el norte de Guatemala y Belice. Su rango altitudinal oscila entre los 0 y 300 msnm. Es de tamaño mediano, con una longitud corporal promedio de 8 cm y una cola larga la cual mide hasta dos veces la longitud de su cuerpo, además los machos son más grandes que las hembras. La forma del cuerpo es esbelta y sus extremidades son cortas y musculosas. La coloración del dorso es oscura con seis líneas claras-amarillas; los juveniles presentan una coloración naranja rojiza en la cola y patas posteriores, las cuales se oscurecen cuando alcanzan la madurez, entonces son más notorios los parches blancos redondeados que se ubican en los costados del cuerpo y patas traseras.

Es una especie de hábitos terrestres, de actividad diurna. Se alimenta de insectos e invertebrados pequeños. Es usual encontrarla en caminos de terracería, construcciones urbanas y zonas de vegetación secundaria, por otro lado, es raro encontrarla en zonas con alta cobertura vegetal, donde el sol no llega con intensidad al suelo (Esquivel Ramírez, 2012)

- **Iguana negra (*Ctenosaura similis*)**

Es un lagarto escamoso iguánido, endémico a de México y Centroamérica. Es la especie más grande su género y se le ha reconocido como el lagarto más rápido terrestre. Los machos alcanzan una longitud corporal de 1.3 metros y las hembras pueden alcanzar el metro de longitud. Poseen una cabeza grande, medianamente distintiva del cuerpo y con un saco gular fuertemente desarrollado. Sus extremidades son musculosas y robustas. En la cola presenta anillos de escamas espinosas y alargadas. Presentan una cresta de espinas

largas que se extienden por el centro dorsal. La coloración es muy variable, los adultos son de color gris claro con una serie de 4 a 12 bandas dorsales oscuras que se extienden hasta la parte ventral. En época de reproducción, los machos desarrollan un color naranjado con reflejos de color azul en la mandíbula, alrededor de la cabeza y la garganta. Por otro lado, los ejemplares juveniles son típicamente de color verde uniforme.



Figura 83. Iguana negra (Ctenosaura similis) en las zonas urbanizadas en el SAR.

Es de hábitos diurnos y prefieren hábitats cálidos, húmedos o templados, con relieves rocosos con grietas y con árboles cercanos para trepar. Los juveniles suelen alimentarse de insectos y cuando son adultos son principalmente herbívoros, aunque es una especie oportunista e incluye en su dieta huevos y vertebrados pequeños (Fitch et al., 1977).

- **Lagartija arcoíris (*Holcosus undulatus*)**

El complejo de especies de H. undulatus fue evaluado recientemente por Meza-Lázaro y Nieto-Montes de Oca (2015), en donde varios taxones se elevaron a especie. Su distribución va desde Nayarit en la vertiente del Pacífico, y Tamaulipas por la vertiente del Golfo de México, pasando por la Península de Yucatán hasta Costa Rica.

Son lagartijas pertenecientes a la familia Teiidae. Su hábitat de bosques húmedos, tropicales y subtropicales; prefiere las áreas abiertas como caminos de terracería y en los bordes de la vegetación, aunque también es usual encontrarla entre la hojarasca donde forrajea ya que su dieta se compone de insectos e invertebrados pequeños. Son lagartijas de tamaño moderadamente pequeño y cuerpo robusto; presentan una coloración marrón con una serie de barras oscuras en forma de zig-zag en los costados del cuerpo y a menudo presentan marcas azul claro y verde a lo en los costados y baja hasta la parte ventral. Como en la mayoría de la familia a la que pertenecen son de hábitos diurnos (Vela et al., 2020).

- **Serpiente tigre (*Spilotes pullatus*)**

Es una especie nativa y endémica a las zonas cálidas de América, su distribución potencial en México va desde Tamaulipas por la vertiente del Golfo hasta la Península de Yucatán y en los estados de Oaxaca y Chiapas del lado del Pacífico. Es una serpiente de gran tamaño, alcanza los 3 m de longitud. Presenta una coloración negra con manchas amarillas con forma de bandas cruzadas en la parte dorsal, de ahí su nombre común, la punta del hocico es amarilla y los escudos de la cabeza son mayormente amarillos, negros o combinando los colores de forma cruzada. Las suturas entre los escudos son negras. Su cuerpo es delgado y comprimido lateralmente. Se distingue la cabeza del cuello y poseen ojos de pupila redonda y tamaño moderado.

Es una serpiente de hábitos diurnos, arbóreos y terrestres; prefiere zonas boscosas y con cuerpos de agua cercanos, aunque igual es común observarlas en hábitats perturbados. Su dieta se basa en mamíferos pequeños, aves y lagartos (Marques et al., 2014).

- **Tortuga mojina de monte (*Rhinoclemmys areolata*)**

Es una tortuga de tamaño mediano, la longitud del carapacho alcanza hasta los 24 cm y se distingue por presentar escudos marginales que están acampanados hacia arriba. El carapacho es de color pardo con líneas oscuras entre los escudos y motas de color amarillo o rojo, las cuales desaparecen en algunas poblaciones. El plastrón es completo, sin bisagra y de color pardo bordeado con amarillo. Su cabeza es estrecha y presenta líneas rojas y amarillas con un patrón variable que van generalmente desde atrás del ojo hasta el cuello.

En México se distribuyen en el sureste, desde el sur de Veracruz hacia el sur en Tabasco, Chiapas, Oaxaca y la Península de Yucatán, habitando bosques de pino, matorrales xerófilos y humedales. Es una especie semiacuática, prefiere arroyos y charcas poco profundas donde forrajear y son componentes importantes en las cadenas tróficas de los ecosistemas de agua dulce, además de ser indicadores de la contaminación de estos hábitats. Su de dieta omnívora, incluso aprovechando las heces de mamíferos y restos que encuentra en madrigueras donde se refugia, usualmente se le puede encontrar en madrigueras de armadillos. Esta especie se encuentra en estatus amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido al deterioro de su hábitat y la extracción ilegal para consumo humano. Se encuentra en algunas áreas protegidas y es reproducida en cautiverio para su aprovechamiento (Charruau & Morales-Garduza, 2022).

- **Mazacuata (*Boa imperator*)**

Es una serpiente perteneciente a la familia Boidae, es nativa de México y se distribuye principalmente en ambas vertientes y se extiende hasta Centroamérica y el norte de Sudamérica. Esta especie se encuentra en estatus "Amenazada (A)" en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido principalmente a su extracción y tráfico ilegal, en México está protegida del Comercio Internacional, a través de la Convención CITES.

Esta especie se diferencia de otros boidos por presentar fosetas labiales ausentes, escamas pequeñas de la parte superior de la cabeza y costados del hocico (región loreal), presenta dos hileras de escamas grandes entre la punta y la orbital y presenta manchas grandes a manera de anillos en el dorso del cuerpo y la cola. Como en la mayoría de los boidos, presentan uñas pélvicas, remanentes de extremidades posteriores y son más grandes en los machos. La longitud promedio de esta especie es de 2 a 3 metros, en ocasiones llegan a medir los 5 m. Puede tener hábitos terrestres o semiarborícolas, en el caso de los juveniles suelen ser más arborícolas, relacionado al peso del individuo. Se encuentra mayormente activa en el crepúsculo y la noche y su dieta es muy amplia, entre mamíferos, aves, lagartijas y anfibios. Habita principalmente bosques lluviosos, aunque igual es común en zonas semiáridas de bosques secos, tropicales, pastizales y áreas de cultivo (Savage, 2002).



Figura 84. MC Francisca Zayas capturando ejemplar de Boa imperator en el sitio del proyecto.

- **Sapo costero (*Incilius valliceps*)**

Es una especie nativa de México y América Central. Mayormente distribuido en la vertiente del Golfo, desde Tamaulipas hasta la Península de Yucatán y por la vertiente del Pacífico desde Nayarit hasta Chiapas, aunque también se distribuye en estados centrales como Puebla, Guanajuato y Querétaro. Pertenece a la familia Bufonidae y también se le conoce como sapo del golfo. Su longitud hocico cloaca va de los 7 a 10 cm, con un cuerpo robusto y ligeramente aplanado, de brazos cortos y patas traseras musculosas. Presenta piel rugosa con tubérculos y de una coloración variada que va desde café a girsáceo o rojizo con manchas oscuras, con una línea vertebral clara y manchas en las patas traseras, con vientre claro. Es de hábitos diurnos y nocturnos, y se encuentra en una amplia variedad de hábitats, desde praderas abiertas, regiones semiáridas, bosques y selvas ligeros e incluso en áreas suburbanas. Es una especie carnívora oportunista y es capaz de viajar largas distancias en busca de comida (Porter, 1970).



Figura 85. Sapo costero (Incilius valliceps) en el sitio del proyecto.

- **Rana de bigotes (*Leptodactylus fragilis*)**

Es un anfibio anuro de la familia Leptodactylidae, nativo del sur de Norteamérica, América Central y el norte de América del Sur. Es una rana de tamaño pequeño, alcanza una longitud hocico cloaca de 3.5 cm. Su rasgo más distintivo es su hocico, es más puntiagudo que el resto de especies estrechamente relacionados y generalmente con una línea blanca en los labios, además la textura de su piel es menos rugosa. El hocico de los machos es en forma de espátula, mientras que en las hembras es de forma más redondeada. Presenta

un par de pliegues dorsolaterales, generalmente poco desarrollados y un par de pliegues laterales. Los dedos carecen de crestas laterales y membranas interdigitales basales o bien, muy poco desarrolladas. Su coloración variable pero regularmente tiene manchas café oscuras, bronceadas, rojizas o grises sobre un fondo claro. La parte ventral es de gris a crema.

Esta especie es de hábitos terrestres y nocturnos. Puede habitar una gama variable de ambientes que van desde la sabana, pastizales a bosques, y se le encuentra comúnmente cerca de fuentes de agua (Heyer et al., 2006).



Figura 86. Leptodactylus fragilis siendo devorada por Coniophanes imperialis en el sitio.



Figura 87. Ctenosaura similis en el sitio del proyecto.

Peces

Se ha documentado la presencia de un ensamblaje íctico compuesto por 17 especies en el Sitio de Aprovechamiento de Recursos (SAR). La evaluación del estado de conservación de estas especies, con base en los listados de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la Norma Oficial Mexicana NOM-059, indica que la mayoría se clasifica en la categoría de "Preocupación menor".

Dos especies presentan un estatus de conservación que requiere atención. *Astyanax altior* está categorizada como "Vulnerable" por la UICN y "Amenazada" por la NOM-059. De manera similar, *Poecilia velifera* está catalogada como "Vulnerable" por la UICN y "Amenazada" por la NOM-059. Adicionalmente, la especie *Rhamdia guatemalensis* se encuentra listada en la NOM-059 bajo la categoría de "Sujeta a Protección Especial".

La composición taxonómica del ensamblaje es la siguiente: la clase Osteichthyes está representada por los órdenes Beloniformes, Characiformes, Cichliformes, Cyprinodontiformes, Siluriformes y Synbranchiformes. Las familias con mayor riqueza específica son Cichlidae y Poeciliidae.

Es necesario destacar que, durante las actividades de monitoreo realizadas en el área específica del proyecto, no se registró la presencia de individuos de ninguna de las especies antes mencionadas. Este dato sugiere una distribución espacial heterogénea de la ictiofauna dentro de la zona de estudio o la posibilidad de que el hábitat en el sitio del proyecto no reúna las condiciones necesarias para el establecimiento de estas poblaciones.

La siguiente tabla documenta las especies registradas para el SAR:

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	IUCN	NOM059
Beloniformes	Belonidae	*Strongylura timucu*	Preocupación menor	
Characiformes	Characidae	*Astyanax aeneus*	Preocupación menor	
		Astyanax altior	Vulnerable	Amenazada
Cichliformes	Cichlidae	*Cichlasoma meeki*	Preocupación menor	
		Cichlasoma robertsoni	Preocupación menor	
		Cichlasoma synspilum		
		Cichlasoma urophthalmus	Preocupación menor	
		Oreochromis niloticus	Preocupación menor	
		Petenia splendida	Preocupación menor	
		Thorichthys meeki	Preocupación menor	
		Vieja synspila		
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	*Gambusia sexradiata*	Preocupación menor	
		Gambusia yucatana	Preocupación menor	

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	IUCN	NOM059
		Poecilia mexicana	Preocupación menor	
		Poecilia velifera	Vulnerable	Amenazada
Siluriformes	Heptapteridae	*Rhamdia guatemalensis*	Preocupación menor	Sujeta a protección especial
Synbranchiformes	Synbranchidae	*Ophisternon aenigmaticum*	Preocupación menor	

4.3.4. Especies enlistadas en categorías de riesgo-protección de la NOM-059-SEMARNAT-2025

Las especies cuyo estatus de conservación las sitúa bajo los criterios de protección establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT fueron objeto de una descripción pormenorizada en sus respectivos apartados individuales dentro del informe.

Adicionalmente a la información de la NOM-059, para cada una de estas especies se incorporaron en el análisis los datos correspondientes a la evaluación de riesgo publicada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Esta integración de criterios normativos nacionales e internacionales permite una contextualización más completa del estado de conservación de la flora y fauna reportada.

4.3.5. Presencia de rutas y especies migratorias

Dado la fuerte antropización de la región, el sitio del proyecto y sistema ambiental regional no son parte relevante de rutas y especies migratorias salvo aquellas que explotan el espacio aéreo en su transición. La carencia de cuerpos de agua lenticos o lóticos reduce su valor como sitio de descanso para aves migratorias.

Sin embargo, vale la pena mencionar que la franja de árboles secundarios del dren que atraviesa el predio aparentemente es utilizada por la fauna como área segura para su movilización y desde donde incursionan en las zonas de cultivo para alimentarse. Por ello esa zona no será modificada durante el proyecto, aunque en comunicación personal con representantes del ejido Tikinmul nos comentan que está en proceso la limpia del dren, incluyendo remoción de una parte importante de la vegetación.

4.3.6. Ubicación del proyecto con respecto a las Áreas de Importancia Ecológica

Áreas Naturales Protegidas

De acuerdo con información de la Comisión Nacional de Áreas Nacionales Protegidas (obtenida del Sistema de Información Geográfica CONANP el 25 de octubre del 2025) ni el proyecto o el Sistema Ambiental Regional se encuentran localizados en un área natural protegida, decretada a nivel federal o conservada voluntariamente bajo el esquema de ADVC (CONANP, 2025a, 2025b), como se muestra en el siguiente mapa:

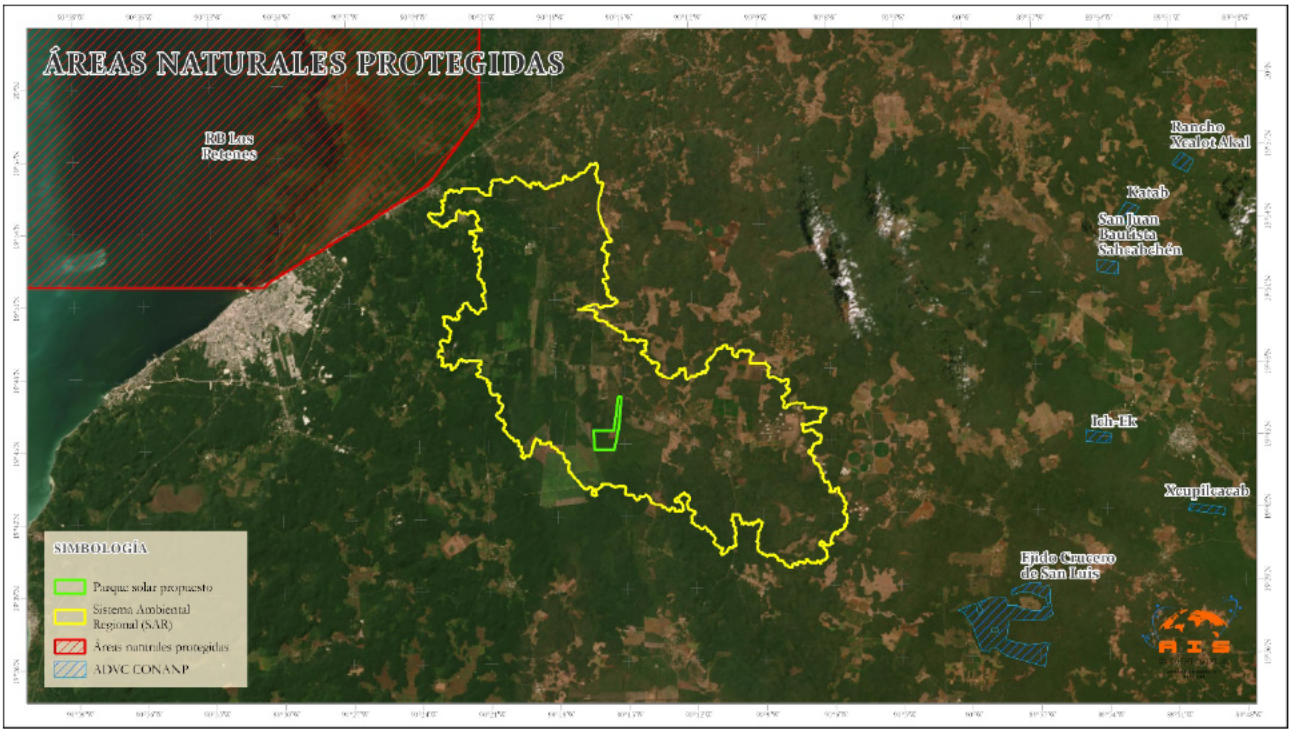


Figura 88. Mapa de áreas naturales protegidas federales y ADVCs.

Regiones terrestres prioritarias de México

De acuerdo con Cabrera et al. (2004) ni el proyecto o su Sistema Ambiental Regional se encuentran dentro de una las Regiones terrestres prioritarias de México, como se muestra en el siguiente mapa:



Figura 89. Mapa de regiones terrestres prioritarias y el SAR.

Áreas de importancia para la conservación de las aves, 2015

De acuerdo con CIPAMEX-CONABIO (2015), ni el proyecto o el Sistema Ambiental Regional se encuentran localizados en un área de importancia para la conservación de las aves como se muestra en el siguiente mapa:



Figura 90. Mapa de AICAs y el SAR.

Regiones Hidrológicas Prioritarias

De acuerdo con Alcocer et al. (2002), la porción norte del Sistema Ambiental regional se encuentra dentro de una de las Regiones Hidrológicas Prioritarias, el "Anillo de Cenotes", como se muestra en el siguiente mapa:

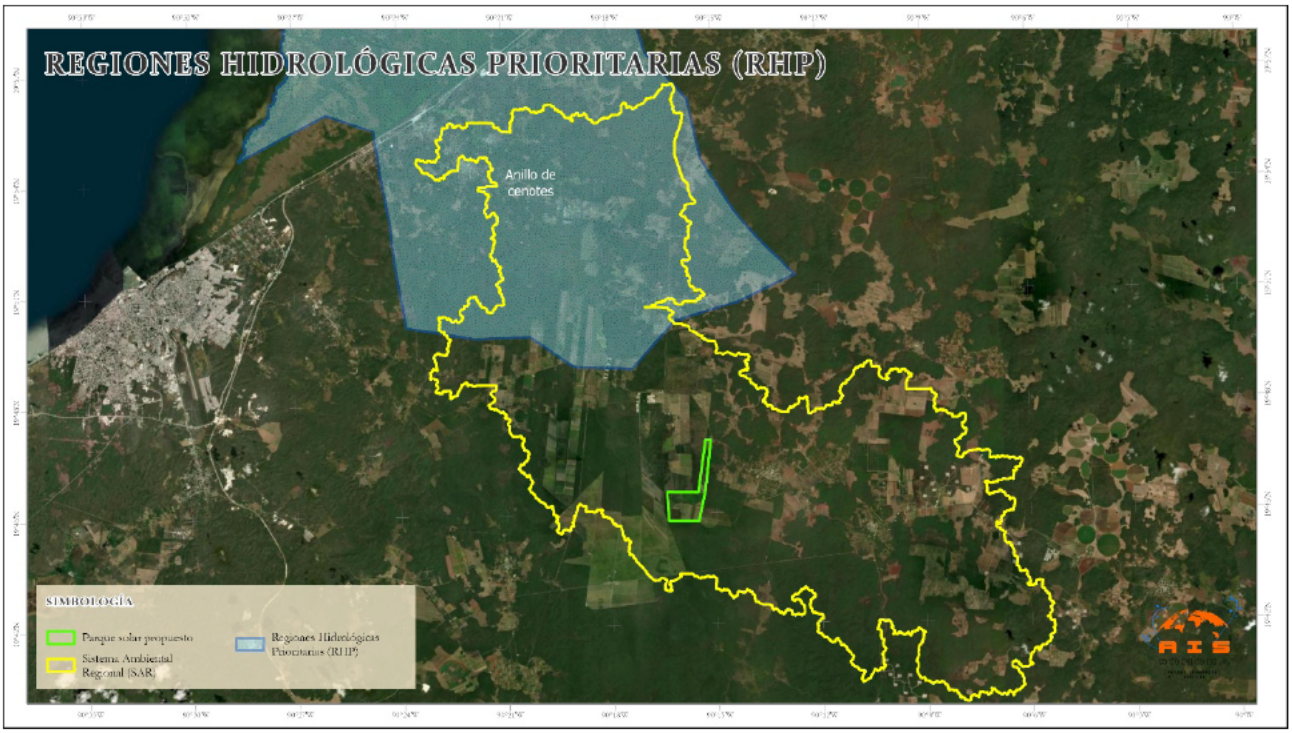


Figura 91. Mapa de regiones hidrológicas prioritarias y el SAR.

De acuerdo con la página que describe este sitio (CONABIO, 2002) sus principales recursos lénticos son cenotes, lagunas costeras, marismas, ciénegas y petenes mientras que los lóticos principales son ríos y una extensa cuenca criptorréica de aguas subterráneas (Anillo de cenotes).

Sin embargo, de acuerdo con el INEGI (2023) en el SAR ni en las cercanías (al menos en 90 kilómetros a la redonda del mismo) se ha localizado un solo cenote, como se muestra en el siguiente mapa:

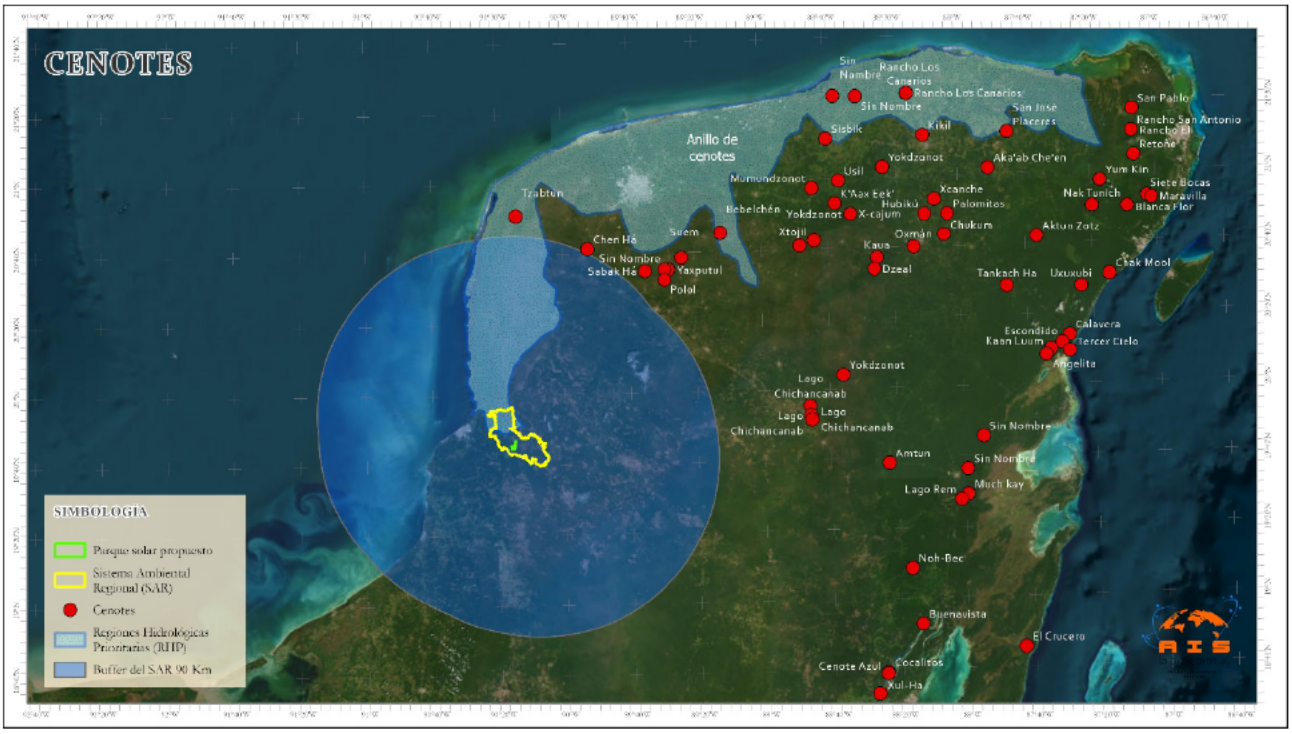


Figura 92. Mapa de la región hidrológica prioritaria "Anillo de Cenotes", la localización de los cenotes de México y el SAR.

La ausencia de cenotes y corrientes superficiales evidentes (con salvedad del dren creado para poder solventar la falta de desagüe natural) nos hacen pensar que la inclusión del SAR tiene más que ver con la mecánica de dibujo de los sitios prioritarios y la escala, que con la presencia precisa de elementos de alto valor hidrológico.

RAMSAR

De acuerdo con el Servicio de Información sobre Sitios Ramsar consultado el 08 de noviembre del 2025 (RAMSAR, 2025), ni el sitio del proyecto o el SAR se encuentra dentro de alguno de los 144 sitios reconocidos en México considerados como parte de la Lista de Humedales de Importancia Internacional derivados de la Convención sobre los Humedales (RAMSAR, 1971).

El siguiente mapa muestra los sitios más cercanos.

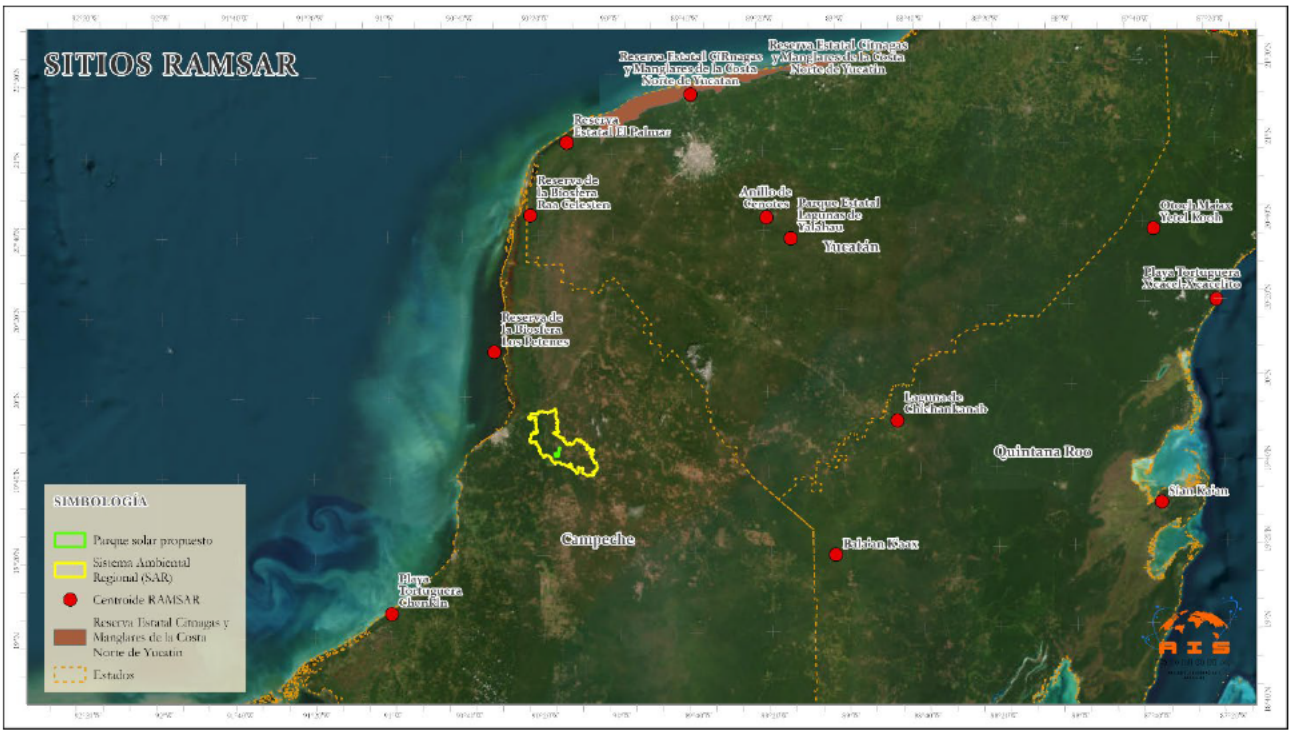


Figura 93. Mapa de los sitios RAMSAR en las cercanías del SAR.

4.4. Caracterización del sistema ambiental regional: Medio socio económico

Este apartado está enfocado a dar una idea general del entorno social y económico del posible impacto ambiental del proyecto, pero en análisis a detalle de evaluará en la Manifestación de Impacto Social del Sector Eléctrico (MISSE) regulado por la Dirección General de Impacto Social, Consulta Previa y Ocupación Superficial de la Secretaría de Energía, quien para tales efectos emitió una guía en julio del 2025. Este documento se basa principalmente en los resultados de Delgado-Saldívar et al. (2025) en su documento a tal autoridad.

4.4.1. Población

El sitio del proyecto en específico no está en o en las cercanías de alguna localidad al ser un predio agrícola. Dentro del Sistema Ambiental, las principales localidades en las inmediaciones son Tikinmul (a menos de tres kilómetros al este), San Clemente (a unos 1.7 Km al noreste) y Nilchi (a unos 6.5 Km lineares al noroeste). En términos estrictos, las comunidades de Nilchí y de Bethania están fuera de los límites del SAR pero su cercanía hace razonable su inclusión.

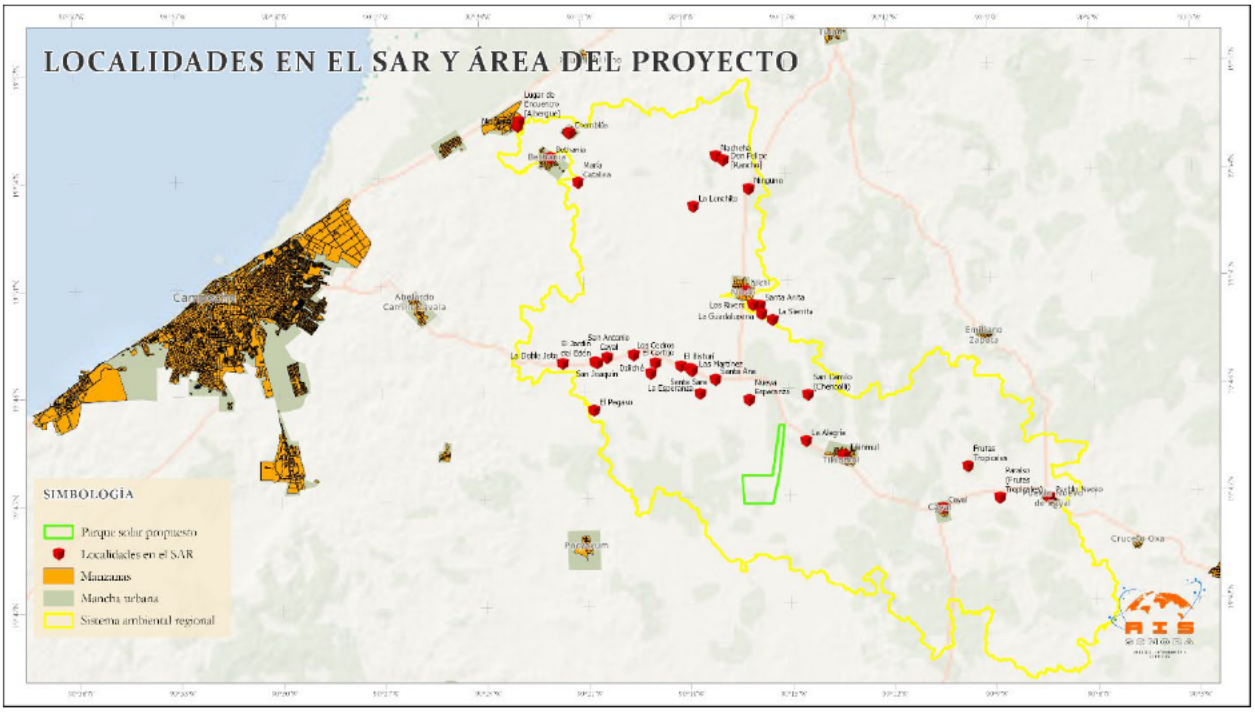
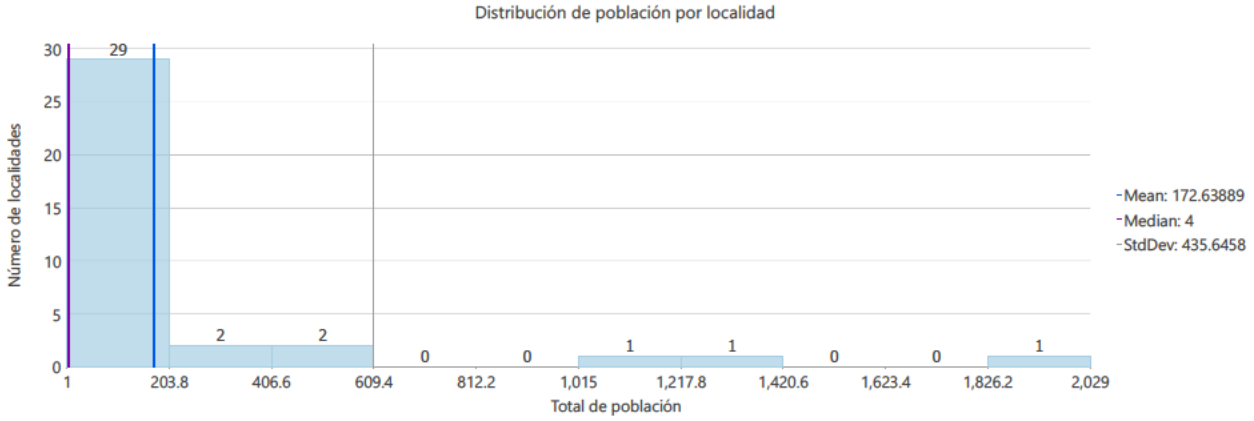


Figura 94. Localidades del SAR.

La siguiente gráfica muestra como la mayor parte de las comunidades del SAR son pequeñas, con menos de 200 habitantes mientras que solo tres de ellas están entre los mil y dos mil habitantes.



Y su expresión espacial se muestra en el siguiente mapa, mostrando claramente que Tikinmul, Nilchí y Bethania son los principales poblados. De ellos sólo Tikinmul está cerca del sitio del proyecto.

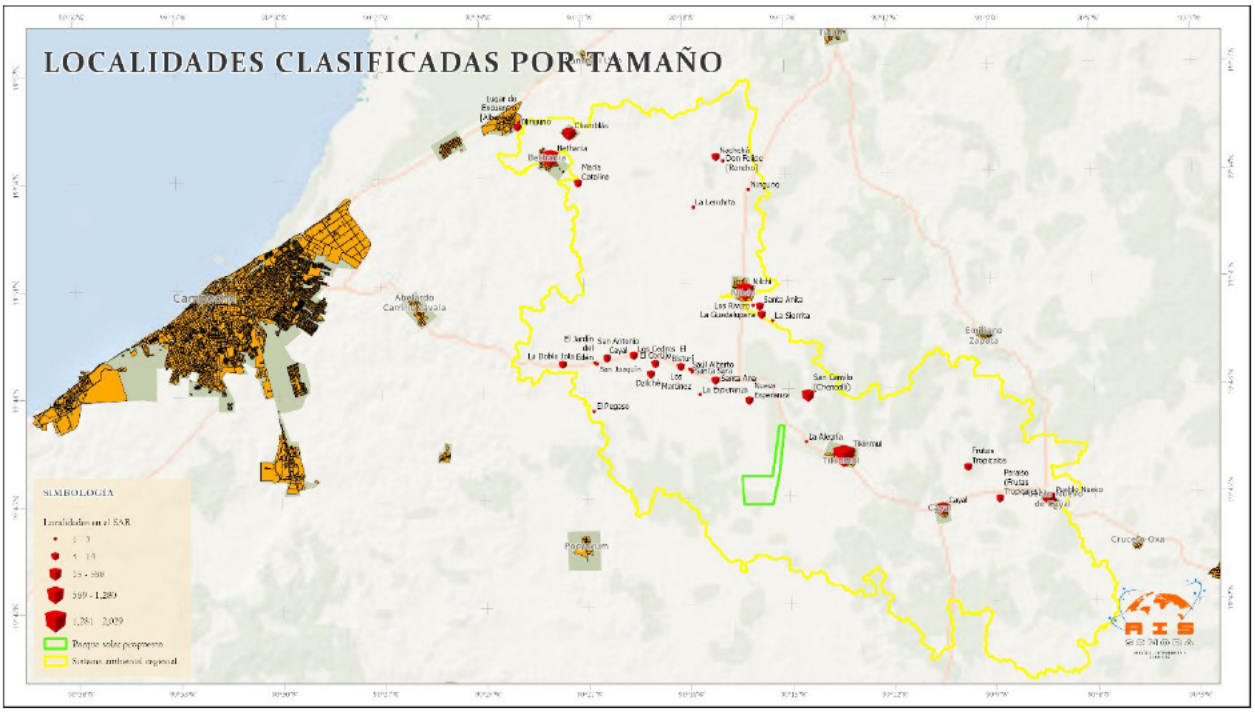


Figura 95. Localidades del SAR clasificadas por tamaño.

Para efectos de este trabajo consideramos como localidades indígenas aquellas que tuvieran el 20% o más de la población hablando lengua indígena (3 años o más). La siguiente tabla las enumera:

LOCALIDAD	% INDÍGENAS	POB TOTAL	PERSONAS QUE HABLAN LENGUA IND	MUJERES QUE HABLAN LENGUA IND	HOMBRES QUE HABLAN LENGUA IND
Cayal	28	502	139	71	68
Chemblás	21	588	122	55	67
Nachehá	56	9	5	1	4
Nilchí	29	1,076	312	161	151
Pueblo Nuevo	37	382	142	62	80
San Camilo (Chencollí)	37	241	89	43	46
Tikinmul	33	2,029	675	311	364

Siete comunidades califican bajo este criterio, siendo Tikinmul y Nilchí las más importantes, con tres mil habitantes totales entre ellas y un total de casi mil de personas indígenas.

4.4.2. Marginación

En la siguiente tabla se incluyen los datos de población y vivienda de las localidades en el sistema ambiental regional, así como la información de cuantas de ellas carecen de electricidad, agua o piso de material, así como los porcentajes de población indígena o afromexicana como grupos con vulnerabilidades adicionales:

LOCALIDAD	POBLACIÓN	NO.DE VIVIENDAS	% VIVIENDAS SIN ELECTRICIDAD	% VIVIENDAS SIN AGUA	% VIVIENDAS CON PISO DE TIERRA	% INDÍGENA	% AFRO
Bethania	1,280	419	1.19	2.63	3.10	18.67	0.70
Cayal	502	162	2.47	0.00	2.47	27.69	1.20
Chemblás	588	189	0.53	0.53	2.12	20.75	0.17
Don Felipe [Rancho]	1	1				0.00	0.00
Dzilché	5	1				0.00	0.00
El Bisturí	5	1				0.00	0.00
El Cortijo	4	1				0.00	0.00
El Jardín del Edén	2	1				0.00	0.00
El Pegaso	1	1				0.00	0.00
Frutas Tropicales	7	4	0.00	0.00	0.00	14.29	0.00
La Alegría	3	1				0.00	0.00
La Doble Jota	6	1				0.00	0.00
La Esperanza	1	1				0.00	0.00

LOCALIDAD	POBLACIÓN	NO.DE VIVIENDAS	% VIVIENDAS SIN ELECTRICIDAD	% VIVIENDAS SIN AGUA	% VIVIENDAS CON PISO DE TIERRA	% INDÍGENA	% AFRO
La Guadalupana	6	1				0.00	0.00
La Lenchita	2	1				0.00	0.00
La Sierrita	1	1				0.00	0.00
Los Cedros	4	1				0.00	0.00
Los Martínez	1	1				0.00	0.00
Los Rivero	1	1				0.00	0.00
Lugar de Encuentro [Albergue]	3	1				0.00	0.00
María Catalina	4	1				0.00	0.00
Nachehá	9	15	0.00	13.33	0.00	55.56	0.00
Nilchí	1,076	321	1.56	0.31	3.74	29.00	2.51
Ninguno	7	2				0.00	0.00
Nueva Esperanza	14	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Paraíso (Frutas Tropicales)	9	2				0.00	0.00
Pueblo Nuevo	382	112	1.79	1.79	9.82	37.17	0.00
San Antonio Cayal	5	1				0.00	0.00
San Camilo (Chencollí)	241	61	1.64	1.64	4.92	36.93	19.09
San Joaquín	1	1				0.00	0.00
Santa Ana	7	1				0.00	0.00
Santa Anita	4	1				0.00	0.00
Santa Sara	3	1				0.00	0.00
Saúl Alberto	1	1				0.00	0.00
Tikinmul	2,029	588	2.38	4.25	1.70	33.27	1.33

De acuerdo con estos datos, la mayor parte de las viviendas en estas localidades cuentan con los servicios básicos y en general las comunidades indígenas no tienen mayor marginación que el resto, salvo el caso de Nachehá donde el 13% de las viviendas no cuentan con agua, pero puede estar más relacionado con el hecho de que es una comunidad muy pequeña que con un tema de desatención a grupos vulnerables.

4.4.3. Vías de comunicación

Por la cercanía con la capital del estado, San Francisco de Campeche, la zona tiene rápido acceso a comunicación terrestre y aérea. El sistema vial estatal cuenta primariamente con un eje este-oeste que al comunicar Campeche con Holpechen (cabecera de municipio del mismo nombre al este del sitio del proyecto con más ocho mil habitantes), la carretera

estatal 261 de dos carriles, pero en excelente estado de reparación y de tráfico constante pero moderado como se muestra en la siguiente fotografía.



Figura 96. Carretera estatal 261 en las inmediaciones del sitio del proyecto.

Fue particularmente notorio durante la visita la alta incidencia de uso de motocicletas como medio de transporte entre pueblos, aunque el retén policial en la intersección de la carretera 261 con el puente del libramiento de la ciudad de Campeche pone énfasis fuerte en detener a las personas usando este medio que no usen las medidas de seguridad correspondientes (observaciones durante trabajo de campo y comunicación personal con motociclistas). Vale la pena mencionar que su uso es tan amplio que pudimos observar familias completas en esos vehículos (hasta cuatro personas o en un caso particular dos personas y una mascota).



Figura 97. Habitantes de la zona transportándose por la zona en motocicletas.

En términos de comunicación ferroviaria, el sitio de proyecto se encuentra aproximadamente a la mitad del camino (unos 36-40 kilómetros) de tanto la estación del Tran Maya San Francisco de Campeche como de la Estación Edzna. Los lugareños de Tikinmul comentaron en entrevista que esa ruta turística no ha tenido impacto significativo en incrementar la visita a sus poblaciones, ya que prefieren otras rutas de transporte para llegar a ellas.



Figura 98. Letrero indicando dirección a estación Edzna en Cayal, Campeche.

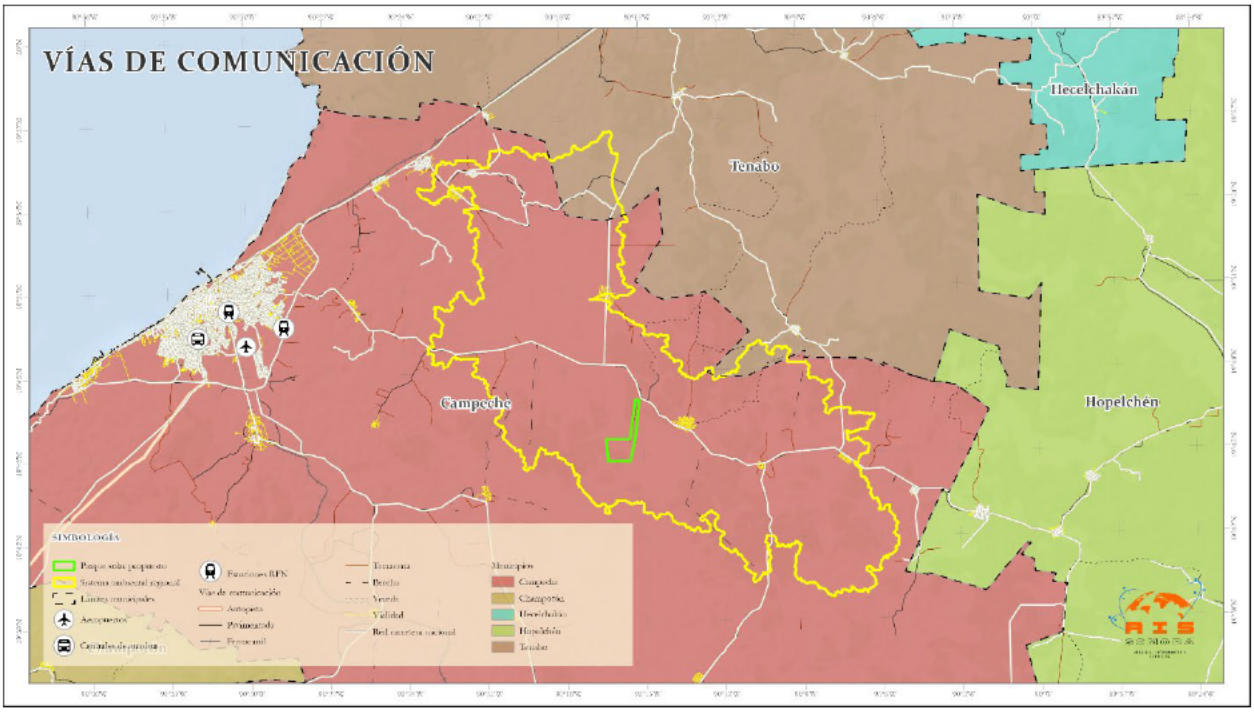


Figura 99. Mapa de vías de comunicación.

4.4.4. Actividades económicas

A decir de los habitantes de la región, la agricultura es la principal actividad económica. Un proxy para verificar esta información en la gran cantidad de negocios de venta de agroquímicos en la zona. Por ejemplo, en Castamay al oeste del SAR, un poblado de menos de 1,300 habitantes se cuenta con al menos tres de estos locales.



Figura 100. Expendio de agroquímicos en Castamay, Campeche.

Preguntando a los pobladores (incluyendo a los dependientes de centros de agroquímicos) mencionan que los principales cultivos de la región son tomate (variedad saladette), limón, pitaya, sábila, entre otros. Nosotros pudimos observar adicionalmente cultivos de maíz, papaya, teca y palmas.

La venta de productos vegetales al menudeo es usual a los lados de la carretera como se observa en las siguientes fotografías:





Es notoria la alta calidad de los cítricos ofrecidos en los ya mencionados puestos como se puede apreciar en la siguiente foto:



Figura 101. Limones cultivados en el SAR a la venta en Cayal.



Figura 102. Sergio y Amado, hermanos que venden pozol diariamente en la comunidad de Tikinmul.

A pesar de que los lugareños no lo mencionan como parte de las actividades relevantes, observamos en la zona gran cantidad de granjas avícolas tecnificadas. El Censo Agropecuario del INEGI (2022a) solo maneja la del sector avícola agregada a nivel entidad federativa y los datos descargables han sido modificados por ellos para solo permitir ejemplificar el análisis, pero no la manipulación de datos reales por lo que nuestras conclusiones serán solo apreciativas.



Figura 103. Fotografía con dron de una de las unidades de producción avícola tecnificada en el SAR.

Utilizando imágenes de satélite, contabilizamos 156 naves de producción avícola en el SAR y sus inmediaciones, las cuales se muestran en el siguiente mapa:

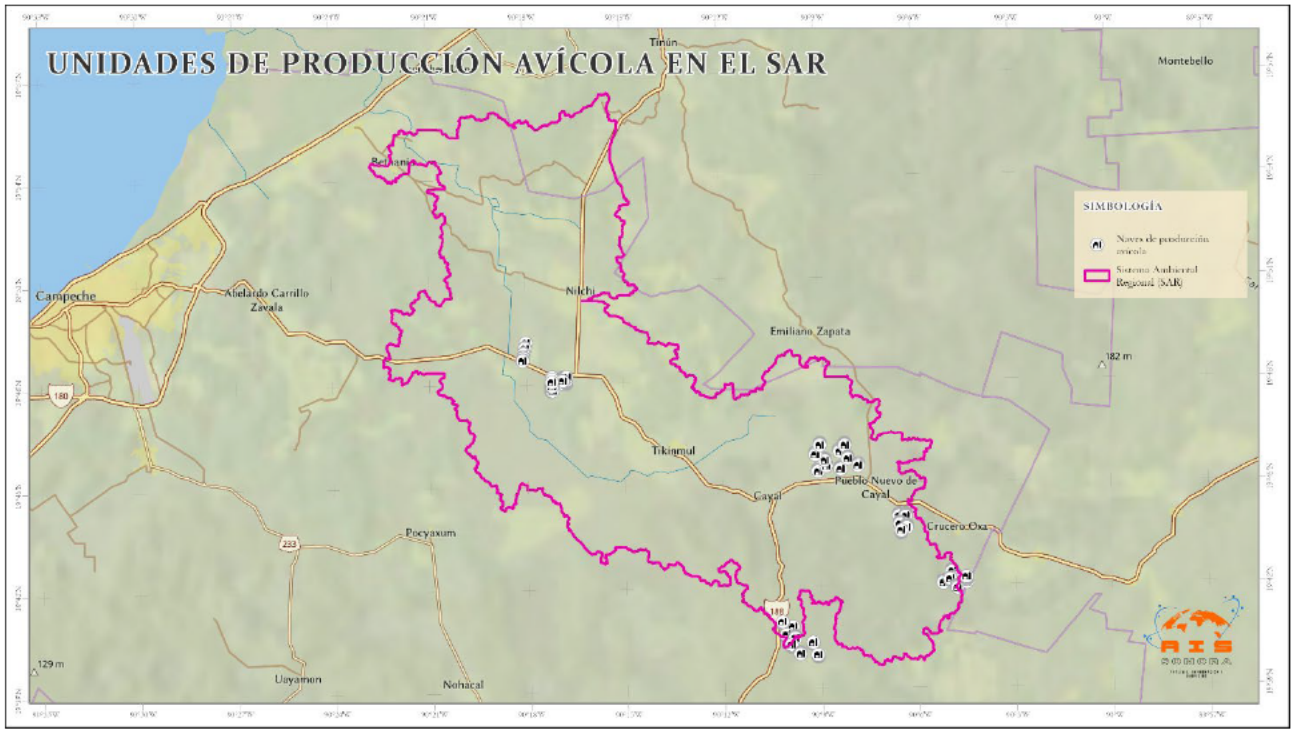


Figura 104. Mapa de sitios de producción avícola identificados por imágenes de satélite.

Si en promedio una nave avícola contiene entre 20 mil a 30 mil pollos en la zona y sus cercanías habría una producción de entre 3,120,000 a 4,680.000 animales.

Este tema es particularmente importante porque, de acuerdo con Galindo (2005), los residuos de las granjas porcícolas y avícolas, particularmente las excretas, representan un importante foco de contaminación ambiental cuando se manejan de forma inadecuada. Su impacto es triple:

- En el aire, la descomposición de estos desechos libera gases como amoníaco, sulfuro de hidrógeno, metano y óxido nitroso. Estos compuestos no solo generan olores ofensivos, sino que afectan la salud respiratoria de las comunidades y contribuyen al calentamiento global y a la destrucción de la capa de ozono.
- En el suelo, la aplicación excesiva de estiércol como fertilizante altera el pH del terreno, contamina con nitratos y metales pesados (como cobre y hierro), y puede saturar la capacidad de absorción del terreno, dañando su productividad a largo plazo.
- Finalmente, la contaminación del agua es crítica. Los nutrientes de las excretas, como el amonio, llegan a ríos y mantos freáticos, provocando eutrofización (crecimiento descontrolado de algas que agota el oxígeno), toxicidad para la fauna

acuática y contaminación microbiológica. Este riesgo es especialmente alto en regiones con suelos permeables, como la península de Yucatán, donde los contaminantes llegan fácilmente a los acuíferos.



Figura 105. Letrero en la entrada de una unidad de manejo avícola en el SAR.

Las grandes agregaciones de unidades de producción de este tipo favorecen que se concentren los sitios de impacto por descargas y subproductos.

4.5. Caracterización del sistema ambiental regional: Paisaje

El paisaje actual que conforma el Sistema Ambiental Regional evidencia un grado significativo y extensivo de modificación antrópica, lo cual ha determinado una reducción sustancial y progresiva de su valor natural original, fundamentalmente como consecuencia de la pérdida acumulativa de las condiciones ecológicas iniciales. Los procesos constantes y recurrentes de remoción de la cobertura vegetal, asociados a las actividades humanas desarrolladas en la zona, han eliminado por completo la presencia de comunidades vegetales que puedan considerarse prístinas o en estado primario. Esta situación de transformación generalizada del medio puede ser claramente verificada mediante el análisis del Mapa de Naturalidad de la Vegetación elaborado por Parra-Salazar en el año 2022 Parra-Salazar (2022):

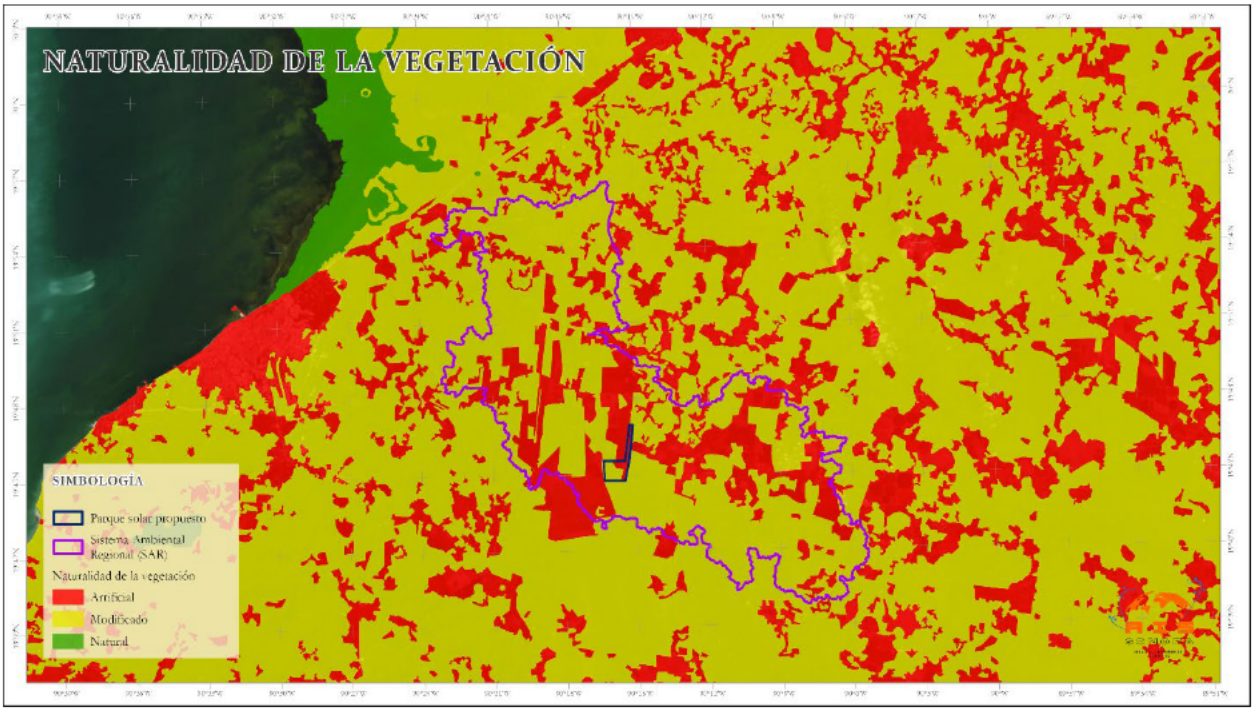


Figura 106. Mapa de la naturalidad de la vegetación en el SAR.

El índice de naturalidad de la vegetación se fundamenta en un criterio escalar bien definido que asigna valores numéricos específicos de acuerdo con el estado de conservación y el grado de alteración antrópica que presentan las diferentes comunidades vegetales identificadas. El valor máximo de "1" se reserva exclusivamente para aquellos tipos de vegetación que mantienen condiciones naturales sin que se detecte alteración antrópica significativa, representando ecosistemas que conservan su

composición, estructura y funcionamiento original. Las comunidades vegetales clasificadas como secundarias, las cuales representan procesos de regeneración vegetal posteriores a una remoción total o parcial de la cobertura original, reciben sistemáticamente un valor intermedio de "0.5". Esta asignación reconoce explícitamente que, si bien estas comunidades están compuestas predominantemente por especies nativas y presentan procesos de recuperación, tanto su estructura vertical y horizontal como su composición florística han experimentado alteraciones considerables respecto a su estado de referencia original.

Finalmente, los ambientes clasificados como completamente antropizados, donde la vegetación natural ha sido reemplazada mayoritariamente por usos antrópicos como cultivos, pastizales inducidos o infraestructura, reciben consistentemente un valor de "0" en esta escala de naturalidad. Esta cuantificación estandarizada, al operar con valores numéricos discretos, permite posteriormente el cálculo sistemático de diversos estadísticos descriptivos para unidades paisajísticas previamente definidas, facilitando así comparaciones espaciales y temporales objetivas. El valor promedio calculado para la totalidad del Sistema Ambiental Regional en su conjunto es de 0.34, mientras que para el sitio específico del proyecto el valor obtenido es notablemente inferior, de 0.24. Ambos valores, sustancialmente por debajo del óptimo teórico, indican de manera contundente una distancia ecológica considerable respecto a los paisajes prístinos de referencia, confirmando categóricamente la existencia de un alto grado de transformación antrópica que se manifiesta de manera generalizada en toda el área de estudio, siendo esta transformación particularmente intensa en la localización exacta del proyecto propuesto.

4.6. Diagnóstico del Sistema Ambiental

4.6.1. Índice de integridad ecosistémica

El concepto de integridad ecológica se define como la capacidad de un ecosistema para mantener un estado integrado, balanceado y adaptable, que conserve el rango completo de elementos —como las especies nativas— y procesos ecológicos —entre ellos las interacciones biológicas— que se esperarían en un hábitat natural de referencia. Este marco conceptual se fundamenta en la evaluación de tres componentes esenciales: la composición de especies, que considera la diversidad y abundancia de los organismos presentes; la estructura del hábitat, que incluye la configuración física y biológica del entorno; y las funciones ecológicas, que abarcan los flujos de energía, los ciclos de nutrientes y las relaciones tróficas. (Blumetto, 2021; Equihua-Zamora et al., 2014; Munguía-Carrara et al., 2019; Restrepo & Sal, 2008)

En el contexto mexicano, la evaluación de la integridad ecológica se orienta hacia el análisis de las condiciones del hábitat que determinan y sostienen los sistemas de interacción trófica entre depredadores superiores y sus presas. Este enfoque funcional permite cuantificar la salud del ecosistema mediante la evaluación de la estabilidad y resiliencia de sus redes alimentarias. La metodología empleada se basa en el estudio de redes de interacción que involucran a un conjunto representativo de depredadores tope, como mamíferos carnívoros y aves rapaces, y sus presas principales, lo que proporciona un indicador robusto del estado de conservación de los procesos ecológicos clave. La aproximación no solo considera la presencia de las especies, sino también la persistencia de las relaciones ecológicas que garantizan el funcionamiento del ecosistema en su conjunto.

Hay que recordar que los valores posibles del índice van de 0 (valor más bajo de integridad) a 1 (valor más alto de integridad).

Índice de integridad ecosistémica 2004

Se utilizó como línea base de análisis el mapa de índice de integridad ecosistémica del 2004 (Equihua, 2021a) el cual se muestra en el siguiente mapa:

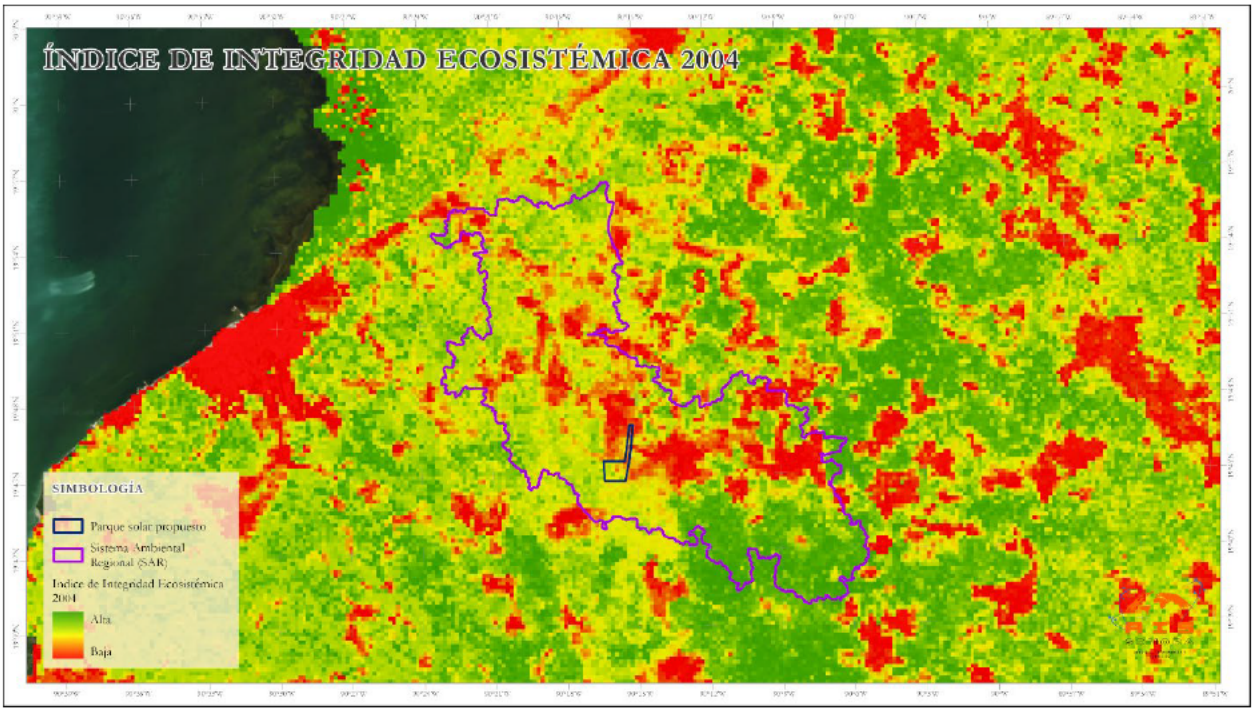


Figura 107. Mapa de índice de integridad ecosistémica del 2004.

Se hizo un análisis de los estadísticos descriptivos de los valores de IIE con respecto a los límites del Sistema Ambiental Regional, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla:

COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM	MEDIAN	PCT90
5101	416,459,782.10	0.00	0.99	0.99	0.62	0.22	3,162.20	0.65	0.92

Los valores máximos y mínimos van de 0 justo menos de 1 (0 a 0.99) pero la media se encuentra en valor de 0.62, mostrando el efecto de décadas de alteraciones para usos agroforestales en la región

Específicamente para el área del proyecto los resultados de la extracción son:

COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM	MEDIAN	PCT90
40	3265711	0.333118	0.800159	0.467041	0.573464	0.113303	22.93855	0.6002873	0.699243

Lo que significa que el nivel de degradación del sitio del proyecto es mayor que el del sistema ambiental regional.

Índice de integridad ecosistémica 2018

Para la segunda imagen comparativa se utilizó la versión 2018 del Índice de Integridad Ecosistémica (Equihua, 2021b).

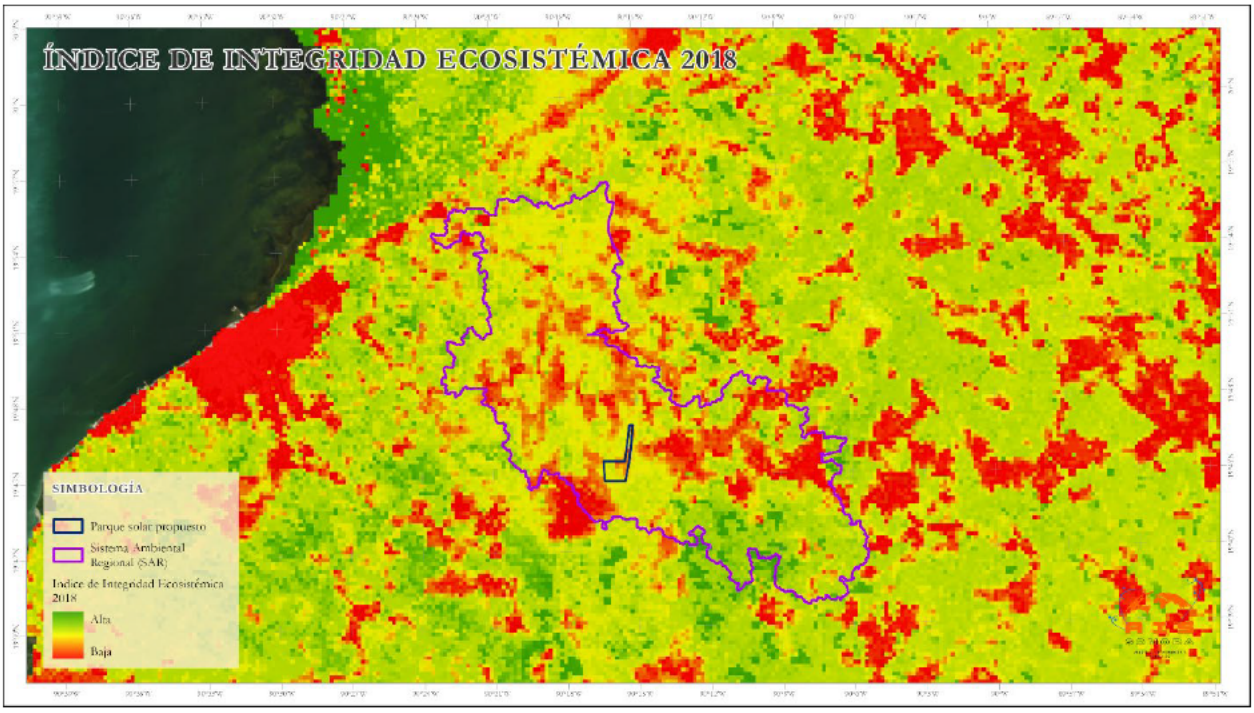


Figura 108. Mapa de índice de integridad ecosistémica del 2018.

Analizando la capa en su versión del año 2018 se obtuvieron los resultados reflejados en la siguiente tabla:

COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM	MEDIAN	PCT90
5101	416,459,782.10	0.00	0.99	0.99	0.57	0.17	2,886.93	0.61	0.72

Aunque el rango se mantiene con los mismos mínimos y máximos (0 a 0.99) la media se redujo considerablemente pasando de 0.62 a 0.57, un 91% de su valor anterior.

Específicamente para el área del proyecto los resultados de la extracción son:

COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM	MEDIAN	PCT90
40	3265711	0.301535	0.669474	0.367938	0.556875	0.095586	22.27499	0.5943529	0.650186

Lo que significa que el nivel de degradación del sitio del proyecto es mayor que el del sistema ambiental regional, pero hubo una reducción en la diferencia.

Cambio de Índice de integridad ecosistémica 2004 al 2018

Para identificar el sentido de los cambios se hizo una operación de matemática raster (resta) pixel a pixel y, dado que ambos datasets están en la misma escala, la variación en la integridad se refleja en un rango teórico de valores de -1 (pérdida total de valor de un lugar de máximo valor) a +1 (pasar de una ausencia total de integridad a un estado de máximo valor). El mapa resultante se muestra a continuación:

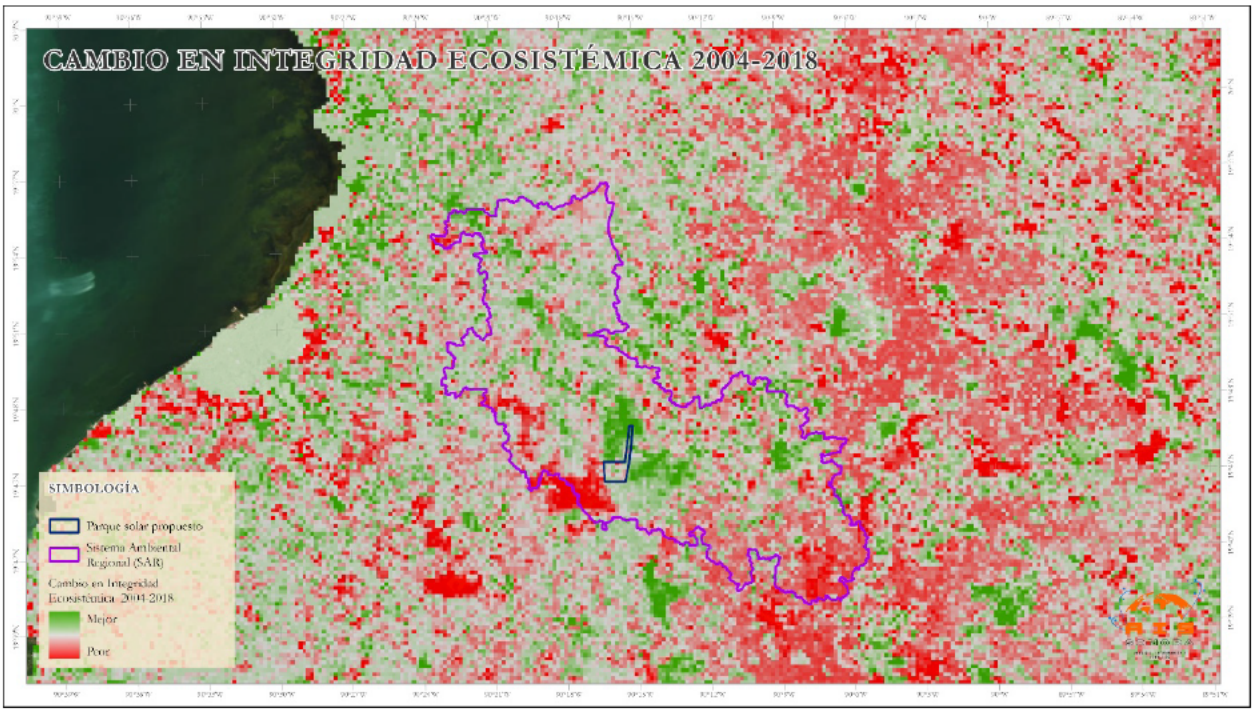


Figura 109. Mapa de cambio en el índice de integridad ecológica 2004-2018.

A nivel del sistema ambiental regional el análisis es el siguiente:

COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM	MEDIAN	PCT90
5101	416,459,782.10	-0.71	0.78	1.50	-0.05	0.15	-275.28	-0.05	0.12

Con una media de -0.05, la tendencia general del SAR es a una muy ligera degradación, pero el rango de -0.7 a +0.78 muestra que es el resultado de amplios fenómenos degradatorios compensados por amplios fenómenos de mejora (como se nota en el

mapa). El hecho de que la suma de valores sea negativa (-275.28) habla de una tendencia degradatoria.

A nivel del sitio del proyecto el patrón es similar, una ganancia/pérdida neta neutra, con zonas que mejoraron y zonas que empeoraron, como se muestra en la siguiente tabla, especialmente con una media tan cercana a cero, pero con un rango que va de -0.3 a 0.22:

COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM	MEDIAN	PCT90
40	3265711	-0.31492	0.224829	0.539752	-0.01659	0.104384	-0.66357	-0.016231	0.120639

Vale la pena mencionar que, al interpretar el mapa, las zonas de color rojo dominan el color verde, indicador que la región general (más allá del SAR) se encuentra en proceso de deterioro en su integridad ecológica.

Impactos de usos actuales

Hay varios elementos que vale la pena mencionar en los usos actuales del suelo del Sistema Ambiental regional: las zonas agrícolas de la región utilizan ampliamente agroquímicos para mejorar los niveles de producción, sea a través de pesticidas o de fertilizantes. Durante la visita de campo se pudo observar la presencia de contenedores para su transporte como se muestra en la siguiente fotografía:



Figura 110. Contenedores para el transporte de agroquímicos en el sitio del proyecto.

Asimismo, durante la visita pudimos observar la constante presencia de aviones fumigadores recorriendo la zona:



Figura 111. Avioneta fumigadora pasando sobre el sitio del proyecto.

Esto puede ser considerado como un indicador de un uso abundante de agroquímicos por medio de esquemas que impulsan alta dispersión y que bajo ciertas circunstancias y condiciones pudieran contaminar el agua superficial y subterránea y, en casos extremos, afectar la fauna de insectos.

Sin embargo, nos fue posible también observar una gran cantidad de insectos habitando la zona y eso se refleja en una cantidad y diversidad de especies insectívoras bastante sanas como se refleja en los levantamientos de aves donde dominaron las especies de este tipo como los *Pitangus suplhuratus* y *Tyrannus melancholicus*.

Conclusión

El área rural que comprende el Sistema Ambiental Regional (SAR) se caracteriza por una dinámica constante en el uso del suelo. Esta dinámica se manifiesta a través de ciclos de desmonte, establecimiento de cultivos y plantaciones, y su posterior abandono temporal. En estos periodos de abandono, se inician procesos de sucesión vegetal secundaria, donde la vegetación nativa se restablece a través de fases sucesivas que transitan de comunidades herbáceas a matorrales y posteriormente a bosques secundarios. La

velocidad de esta transición es relativamente alta, favorecida por las condiciones ambientales locales.



Figura 112. Ipomoea indica cubriendo una zona recientemente desmontada.

El sistema ambiental en su conjunto presenta un estado de antropización significativo. No obstante, alberga una biodiversidad considerable que ha demostrado capacidad de integración a este paisaje modificado. Las especies presentes han logrado aprovechar los subsidios energéticos y los ambientes antrópicos para su movilización y procesos reproductivos.

El sitio específico del proyecto constituye en su totalidad un agrosistema. Su uso del suelo se divide en dos sectores claramente definidos:

- Porción Norte: Dedicada a una plantación forestal con especies de teca (*Tectona grandis*) y frutales.
- Porción Sur: De mayor extensión, destinada a la agricultura de riego con un sistema tecnificado.


Iván Parra

4.7. Literatura citada

Alcocer, J., Arriaga-Cabrera, L., & Aguilar, L. V. (2002). *Regiones hidrológicas prioritarias de México (2002)', escala: 1:4000000*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) Retrieved from http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/maps/geo/rtp1mgw.zip

Ballesteros-Barrera, C., O. Retana-Guiascon, y R. Zárate-Hernández. (2020). *Los murciélagos de las áreas naturales protegidas de Campeche, México* Congreso Internacional de Diversidad Biológica, https://www.codibio.com.mx/2020/Carteles/BC/BC_CBB.pdf

Blumetto, A. O. (2021). ÍNDICE DE INTEGRIDAD ECOSISTÉMICA (IIE): una práctica herramienta para la evaluación del estado de los ecosistemas bajo uso productivo.

Cabrera, L. A., Espinoza-Rodríguez, J. M., Aguilar-Zúñiga, C., Eduardo Martínez-Romero, Gómez-Mendoza, L., & Loza, E. L. (2004). *Regiones terrestres prioritarias de México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) Retrieved from http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/maps/geo/rtp1mgw.zip

CENAPRED. (2012). *Grado de peligro por sequía por municipio, escala: 1:200000*. Distrito Federal Coyoacán., Centro Nacional de Prevención de Desastres. http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadata/gis/pelsequigw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadata/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no

Charruau, P., & Morales-Garduza, M. A. (2022). Maximum size and mass, and sexual size dimorphism in the Furrowed Wood Turtle, Rhinoclemmys areolata (Testudines: Geomydidae). *Herpetology Notes*, *15*, 207-210.

CIPAMEX-CONABIO. (2015). *Áreas de importancia para la conservación de las aves, 2015* [Geográfico vector shapefile]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadata/gis/aicas15gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadata/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no

CONABIO. (1998). *Subcuencas hidrológicas* [Extraído de Boletín hidrológico. (1970). Subcuencas hidrológicas en Mapas de regiones hidrológicas. Escala más común 1971:1000000. Secretaría de Recursos Hidraúlicos, Jefatura de Irrigación y control de Ríos, Dirección de Hidrología. México.]. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO.

CONABIO. (2002). *Región Hidrológica Prioritaria 102. ANILLO DE CENOTES*. CONABIO. Retrieved 08/11/2025 from http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_102.html

CONABIO. (2025). *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México* CONABIO. https://www.snib.mx/

CONAGUA. (2023). *GeoVisor de Consulta de Acuíferos: 3105 PENÍNSULA DE YUCATÁN*. Retrieved 01/Nov/2025 from https://sigagis.conagua.gob.mx/dma230911/

CONAGUA. (2025). *Base de Datos en Línea de la Red Nacional de Estaciones Climatológicas del Sistema Metereológico Nacional.* https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica

CONANP. (2025a). *Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación Descarga de Archivos Shape* Gobierno de México. https://sig.conanp.gob.mx/Shape

CONANP. (2025b). *Áreas Naturales Protegidas Descarga de Archivos Shape* Gobierno de México. https://sig.conanp.gob.mx/Shape

Delgado-Saldívar, M. A., Parra-Salazar, S., & Albar-Reynoso, M. d. P. (2025). *Manifestación de Impacto Social en el Sector Energético para el Proyecto de Planta Fotovoltaica Tikinmul, Campeche sometido a la consideración de la DGISCyPOS-SENER*.

Equihua-Zamora, M., García-Alaniz, N., Pérez-Maqueo, O., Benítez-Badillo, G., MelanieKolb, MichaelSchmidt, Equihua-Benítez, J., Maeda, P., & Palacios, J. (2014). Integridad ecológica como indicador de la calidad ambiental. *Bioindicadores: Guardianes de Nuestro Futuro Ambiental; El Colegio de la Frontera Sur, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: Ciudad de Mexico, Mexico*, 687-710.

Equihua, M., et al. (2021a). *Índice de Integridad Ecosistémica 2004 a 250 m*. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Proyecto Integralidad GAMMA (iGamma), financiado por CONACYT. Apoyo número 296842. http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/ie2004_250mgw.html

Equihua, M., et al. (2021b). *Índice de Integridad Ecosistémica 2018 a 250 m*. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Proyecto Integralidad GAMMA (iGamma), financiado por CONACYT. Apoyo número 296842. http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/ie2018_250mgw.html

Esquivel Ramírez, A. (2012). Filogeografía de aspidoscelis angusticeps y origen de la partenogénesis en el complejo A. cozumela.

Fitch, H. S., Henderson, R. W., & Henderson, R. W. (1977). *Age and sex differences in the Ctenosaur (Ctenosaura similis)*. Milwaukee Public Museum.

Galindo, S. L. R. (2005). Bioseguridad en granjas avícolas. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, *6*(2), 1-17.

García, E. (2001). *Climas' (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México.* México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/clima1mgw.html

García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Heimes, P. (2016). *Herpetofauna Mexicana Vol 1 Snakes of Mexico* (Vol. 1). Chimaira.

Heyer, M. M., Heyer, W. R., & de Sá, R. O. (2006). Leptodactylus fragilis (Brocchi): white-lipped thin-toed frog. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles*, 830.831.

INEGI. (1983). *Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales E1503. Escala 1:250,000. Serie I.* Aguascalientes, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI.

INEGI. (2001a). *Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Provincias fisiográficas*. Aguascalientes, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267575

INEGI. (2001b). *Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Subprovincias fisiográficas*. Aguascalientes, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267599

INEGI. (2004). *Guía para la interpretación de cartografía edafología*. INEGI.

INEGI. (2005a). *Guía para la interpretación de cartografía climatológica*. INEGI.

INEGI. (2005b). *Guía para la interpretación de cartografía geológica*.

INEGI. (2014). *Conjunto de Datos de Erosión del Suelo, Escala 1: 250 000 Serie I Continuo Nacional* [GIS VECTOR SHAPEFILE]. INEGI. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825004223

INEGI. (2018). *Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VII (continuo nacional)* Version 7) [Shapefile]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/maps/geo/usv250s7gw.zip

INEGI. (2021). *Diccionario de datos de climas*.

INEGI. (2022a). *Censo Agropecuario (CA) 2022* Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). https://www.inegi.org.mx/programas/ca/2022/

INEGI. (2022b). Guía para la interpretación de cartografía: uso del suelo y vegetación Serie VII. In (pp. 275 pp). México, Aguacalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México.

INEGI. (2023). *Conjunto de datos de la caracterización morfológica de cenotes y datos fisicoquímicos del agua subterránea en la Península de Yucatán* [GIS VECTOR SHAPEFILE]. INEGI. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463864486

INEGI. (2025). *Continuo de Elevaciones Mexicano 4.0*. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=794551151600

INIFAP/CONABIO. (1995). *Edafología. Escalas 1:250000 y 1:1000000*. México, Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) - Comisión Nacional para el

Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/maps/ccl/eda251mgw_c.zip

Iverson, J. B., & Berry, J. F. (2024). Morphometric variation in the Red-Cheeked Mud Turtle (Kinosternon cruentatum) and its taxonomic implications. *Chelonian Conservation and Biology: Celebrating 25 Years as the World's Turtle and Tortoise Journal*, *23*(1), 13-22.

Jasiewicz, J., & Stepinski, T. F. (2013). Geomorphons—a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. *Geomorphology*, *182*, 147-156. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.005

Marques, O. A., Muniz-Da-Silva, D. F., Barbo, F. E., Cardoso, S. R. T., Maia, D. C., & Almeida-Santos, S. M. (2014). Ecology of the colubrid snake Spilotes pullatus from the Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Herpetologica*, *70*(4), 407-416.

Miller, S., Semmens, D., Miller, R. C., Hernandez, M., Goodrich, D., Miller, W. P., Kepner, W., & Ebert, D. (2002). GIS-based hydrologic modeling: the automated geospatial watershed assessment tool.

Montoya-Ferrer, D., Lazcano, D., Elizabeth Solis-Barajas, M., & Wilson, L. D. (2020). DRYMARCHON MELANURUS (Central American Indigo Snake). *Herpetological Review*, *51*(4).

Munguía-Carrara, M., Benítez, J. E., Schmidt, M., & Equihua-Zamora, M. (2019). Diversidad funcional en los mamíferos de México e integridad ecosistémica. *Antropización: Primer análisis integral (Ornelas García, CP, F. Álvarez, and A. Wieger, eds.). Color Arte. Ciudad de México, México*, 388-402.

NOAA. (2012). *Peligro por huracanes* National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). http://www.gits.igg.unam.mx/idea

Ogwo, V., Mbajiorgu, C., Ndulue, E., Onyekwelu, I., & Anyadike, C. (2020). Evaluation of Critical Source Area on AnnAGNPS Simulated Runoff and Sediment Yield. *8*, 116-127.

Parra-Salazar, I. E. (2022). *Naturalidad de la Vegetación de México: producto del mapa de uso de suelo y vegetación serie VII*.

Petry, P., & Sotomayor, L. (2009). *Mapping Freshwater Ecological Systems with Nested Watersheds in South America: Nested Watersheds of Mexico* The Nature Conservancy. https://databasin.org/datasets/0794b8e6f4504d16a6b756e4b9b7a804/

Porter, K. R. (1970). Bufo valliceps.

Priego, A. G., Isunza, E., Luna, N., & Perez, J. L. (2007). *Mapa de Cuencas Hidrográficas de México, 2007'. Escala 1:250000*. México DF, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), Instituto Nacional de Ecología (INE), Comisión Nacional de Agua (CONAGUA).

RAMSAR. (1971). Resolución, VIII Nuevos Lineamientos para la planificación del manejo de los sitios Ramsar y otros humedales. 8a. Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán), RAMSAR.

RAMSAR. (2025). *Servicio de Información sobre Sitios Ramsar*. https://rsis.ramsar.org/

Restrepo, L. V., & Sal, A. G. (2008). Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. *Arbor*, *184*(729), 31-44.

Savage, J. M. (2002). *The amphibians and reptiles of Costa Rica: a herpetofauna between two continents, between two seas*. University of Chicago press.

SEMARNAT. (2020). *Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional*. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Silverman, B. W. (2018). *Density estimation for statistics and data analysis*. Routledge.

SSNMX. (2025). *Catálogo de sismos del Sistema Sismológico Nacional de México*. Sistema Sismológico Nacional de México SSNMX. Retrieved 28/Oct/2025 from http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/

UICN. (2001). *Categorias y criterios de la Lista Roja de la UICN, versión 3.1*. IUCN.

USDA-ARS, U. E., UNIVERSITY OF WYOMING, . (2020). *AUTOMATED GEOSPATIAL WATERSHED ASSESSMENT (AGWA)*. In https://www.tucson.ars.ag.gov/agwa/

Vargas-Contreras, J. A., Segura, G. E., Soriano, D. G., Guiascon, O. G. R., Zarza, H., & Ceballos, G. (2014). Mamíferos del estado de Campeche. *Revista mexicana de mastozoología (nueva época)*, *4*(1), 60-74.

Vela, R. A., Juárez, J. L. C., & Calvario, Á. I. C. (2020). Predation on rainbow ameivas, Holcosus undulatus (sensu lato), and a second record of predation on H. amphigrammus (Smith and Laufe 1945) by a terciopelo (Bothrops asper) in Veracruz, Mexico. *Reptiles & Amphibians*, *27*(3), 422-425.

Villalobos-Zapata, G. J. (2010). Áreas naturales protegidas en Campeche. *En. La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado*, 580-587.



MANIFESTACIÓN AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL DEL PROYECTO PARQUE FOTOVOLTAICO TIKINMUL

Capítulo V: Identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional

AIS SONORA
ANÁLISIS, INFORMACIÓN Y SERVICIOS

Índice de Contenido

5. CAPÍTULO V: IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL 6

5.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS 7

5.1.1. Metodología para identificar los impactos ambientales 7
5.1.2. Descripción de las actividades a desarrollar en la etapa de Preparación del Sitio 10
5.1.3. Descripción de las actividades a desarrollar en la etapa de Construcción del Proyecto 16
5.1.4. Descripción de las actividades a desarrollar en la etapa de operación del Proyecto 41
5.1.5. Identificación de interacciones ambientales 44
5.1.6. Definición de impactos ambientales 56

5.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS. 61

5.2.1. Indicadores de impacto y cambio climático 61
5.2.2. Generación de gases de efecto invernadero 69

5.3. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS. 72

5.3.1. Criterios 72
5.3.2. Metodología de evaluación 75
5.3.3. Criterios, Resultados de impactos ambientales 78
5.3.4. Caracterización de la significancia de los impactos 103
5.3.5. Evaluación general de impactos positivos 115

5.4. IMPACTOS RESIDUALES 120

5.5. IMPACTOS ACUMULATIVOS 126

5.6. RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 128

5.7. BIBLIOGRAFÍA 137

Índice de Tablas

Tabla V-1 Factores y componentes ambientales para el proyecto 42
Tabla V-2 Matriz de identificación de interacciones preparación del sitio 45
Tabla V-3 Matriz de identificación de interacciones Construcción 48
Tabla V-4 Matriz de identificación de interacciones Operación 51
Tabla V-5 Matriz de identificación de interacciones Desmantelamiento 52
Tabla V-6 Numero de Interacciones Ambientales por etapa 54
Tabla V-7 Interacciones Ambientales por elemento ambiental en relación con la etapa del proyecto 54
Tabla V-8 Identificación de impactos y su descripción preparación del Sitio 56
Tabla V-9 Identificación de impactos y su descripción en construcción 59
Tabla V-10 Identificación de impactos y su descripción operación 60
Tabla V-11 Indicadores de impacto. 61
Tabla V-12 Gases de efecto invernadero asociados al proyecto Prep sitio 70
Tabla V-13 Gases de efecto invernadero, etapas de Construcción 70
Tabla V-14 Escala para la Determinación de los Criterios Básicos. 74
Tabla V-15 Escala para la determinación de los Criterios Complementarios. 74
Tabla V-16 Escala para la determinación de los Criterios Complementarios. 75
Tabla V-17 Significancia de los impactos en la etapa de Preparación del sitio 79
Tabla V-18 Significancia de los impactos en la etapa de Construcción 87
Tabla V-19 Significancia de los impactos en la etapa de Operación 99
Tabla V-20 Significancia de los impactos en la etapa de Desmantelamiento 100
Tabla V-21 Matriz de cribado etapa de Preparación del Sitio 103
Tabla V-22 Matriz de cribado etapa de Construcción 105
Tabla V-23 Matriz de cribado etapa de Operación 108
Tabla V-24 Matriz de cribado etapa de desmantelamiento 110
Tabla V-25 Número de impactos por etapa del proyecto y grado de significancia 111
Tabla V-26 Número de impactos por elemento ambiental y grado de significancia para el proyecto 112
Tabla V-27 Identificación de los impactos ambientales residuales y medidas de mitigación. 121
Tabla V-24 calificación de residualidad de los impactos residuales identificados 124

Tabla V-29 Resumen de Impactos por obras a nivel SAR. 129
Tabla V-30 Resumen de Impactos por obras y actividades preparación del sitio 129
Tabla V-31 Resumen de Impactos por obras y actividades construcción 130
Tabla V-32 Resumen de Impactos por obras y actividades Operación 131

Índice de Figuras

Figura V-1 Delimitación y señalización 11
Figura V-2 Desmonte 11
Figura V-3 Desmontes y despalmes 12
Figura V-4 Trazo 13
Figura V-5 Cortes 13
Figura V-6 Terraplenes 14
Figura V-7 Nivelaciones 15
Figura V-8 Excavaciones 15
Figura V-9 Numero de impactos por etapa del proyecto 54
Figura V-10 Número de impactos ambientales por etapa constructiva. 56
Figura V-11 Número de impactos por Etapa del proyecto y grado de significancia 112
Figura V-12 Número de impactos por elemento ambiental y Grado de significancia para el proyecto 113
Figura V-13 Impactos residuales posibles por la operación del Proyecto Fotovoltaico Tikinmul 120
Figura V-14 Vista área de un parque solar ya en operación como parte de los impactos residuales 120
Figura V-15 Vista área de las obras asociadas ya en operación como parte de los impactos residuales 121
Figura V-16 Interacciones de agentes de perturbación y proyecto. 127
Figura V-17 Porcentaje de significancia en relación con el número de impactos 132

Nota: Las imágenes incluidas en este capítulo son de carácter ilustrativo y tienen como finalidad facilitar una mejor representación gráfica de los procesos descritos. Estas no necesariamente corresponden al sitio de proyecto (con excepción de la portada), sino que se presentan como apoyo visual para una comprensión más clara de la información.

5. Capítulo V: Identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales del Sistema Ambiental Regional

El presente capítulo tiene como objetivo **identificar, caracterizar y evaluar de manera integral los impactos ambientales, acumulativos y residuales** que podrían derivarse de las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del **Proyecto Fotovoltaico Tikinmul**. La evaluación se realiza con base en los componentes del sistema ambiental regional, incluyendo **suelo, agua, aire, flora, fauna, paisaje, recursos socioeconómicos y calidad de vida de las comunidades locales**, con el fin de garantizar un análisis completo y coherente con la normatividad vigente.

La identificación y caracterización de los impactos se sustenta en un enfoque **preventivo y sistémico**, que permite reconocer los efectos directos, indirectos y sinérgicos sobre el entorno, así como los impactos acumulativos que podrían surgir por la interacción del proyecto con actividades preexistentes en la región. Asimismo, se consideran los impactos **residuales**, es decir, aquellos efectos que permanecen después de la implementación de las medidas de mitigación y control, con el fin de establecer estrategias adecuadas de seguimiento y monitoreo.

Para la evaluación se adoptan criterios **cualitativos y cuantitativos**, basados en la **LGEEPA**, el **Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPA-MEIA)** y las **Normas Oficiales Mexicanas aplicables**, asegurando el cumplimiento de los estándares ambientales y la integración de las mejores prácticas de gestión ambiental. Esta metodología permite **priorizar los impactos según su magnitud, extensión, frecuencia, duración y reversibilidad**, así como determinar su relevancia para la toma de decisiones durante la ejecución del proyecto.

El análisis de los impactos se realiza dentro del **contexto del sistema ambiental regional**, considerando la interacción de los componentes naturales, sociales y económicos, y su susceptibilidad a alteraciones. Esto permite establecer una visión integral de la sostenibilidad del proyecto, asegurando que las actividades propuestas sean compatibles con la conservación del entorno, la protección de la biodiversidad y la promoción del desarrollo social y económico de la región.

En consecuencia, este capítulo constituye un **instrumento clave para la gestión ambiental del proyecto**, proporcionando información esencial para la toma de decisiones, la definición de medidas de mitigación y compensación, y la implementación de programas de monitoreo y seguimiento que garanticen la **sustentabilidad ambiental y la responsabilidad social** del proyecto de planta fotovoltaica.

5.1. Identificación de impactos

Con la finalidad de llevar a cabo la identificación de impactos se retoman las actividades y procesos señalados en el Capítulo II del estudio de impacto ambiental, en el cual se retomarán y plantearan todas las metodologías que permitan evaluar de manera efectiva todas las interacciones que tienen repercusión en el ecosistema, las cuales se someterán a un estricto control para su posterior tratamiento durante las demás etapas del estudio en mención, es importante señalar que para dar mayor certeza se llevó a cabo a la identificación de los impactos ambientales por cada una de las secciones es importante señalar que en concreto las actividades coinciden en la mayoría de las secciones sin embargo la magnitud y particularidad de algunos elementos, nos lleva a manejarlos y evaluarlos posteriormente de la manera antes señalada.

5.1.1. Metodología para identificar los impactos ambientales

Para la identificación de impactos se utilizó la matriz de Leopold modificada y para la valoración de los impactos identificados en dicha matriz, se utilizó una modificación de la metodología propuesta de Bojórquez *et al.* (1998).

La metodología utilizada es ampliamente reconocida para evaluar la interacción entre las acciones del proyecto y los componentes del ambiente. Esta herramienta permitirá **sistematizar y cuantificar** los efectos potenciales sobre el suelo, agua, aire, flora, fauna, paisaje y aspectos socioeconómicos, considerando tanto la **magnitud como la importancia de cada impacto**.

La aplicación de la matriz permitirá **distinguir los impactos directos, indirectos, acumulativos y residuales**, proporcionando una base técnica sólida para la definición de **medidas de mitigación, programas de monitoreo y seguimiento ambiental**.

La metodología utilizada comprende las siguientes etapas:

- Elaboración de una lista de las actividades relevantes que comprende el proyecto. La primera etapa consistió en sintetizar y ordenar todas las actividades

relacionadas con la preparación del sitio, la construcción, operación y mantenimiento del proyecto. Con base en esta información se elaboró una lista de las actividades principales.

- Elaboración de una lista de factores y componentes ambientales. En esta etapa se elaboró el inventario de los factores y componentes ambientales del área de estudio que podrían ser afectados por las actividades del proyecto.
- Identificación de interacciones ambientales. Para identificar las interacciones existentes entre las actividades del proyecto y obras asociadas y los componentes ambientales, se elaboró la matriz de identificación de interacciones ambientales (matriz de Leopold, modificada).

- En esta matriz se ordenaron sobre las columnas las actividades del proyecto que resultaron del desarrollo de la etapa 1 de este apartado, y sobre los renglones o filas, se incluyeron los componentes ambientales relacionados en la etapa 2.

- Asignación de categorías de impacto. Después de identificar las interacciones ambientales relevantes para las diferentes etapas del proyecto, se procedió a calificar su impacto, considerando para ello los índices básico y complementario propuestos por Bojórquez – Tapia *et al.* (1988).

Los parámetros básicos considerados fueron: dimensión, desarrollo o extensión, permanencia, certidumbre y reversibilidad. Los parámetros complementarios utilizados son: sinergia, acumulación, controversia y viabilidad y eficiencia de las medidas de mitigación adoptadas. A continuación, se describe cada uno de ellos:

- Dimensión (D): se refiere al grado de afectación de un impacto concreto sobre un determinado componente. Esta magnitud se suele expresar cualitativamente, aunque puede intentar cuantificarse.

- Desarrollo o extensión (E): considera la superficie afectada por un determinado impacto. Este criterio puede ser muy difícil de cuantificar, sin embargo, cuando su consideración es viable, es recomendable incluirlo ya que su definición es de gran ayuda en la valoración de los impactos al ambiente.

- Permanencia (P): este criterio hace referencia a la escala temporal en que actúa un determinado impacto.

- Certidumbre (C): este criterio se refiere a la probabilidad de que se produzca el impacto bajo análisis. Es común clasificarlo cualitativamente como cierto, probable, improbable y desconocido.
- Reversibilidad (R): bajo este criterio se considera la posibilidad de que, una vez producido el impacto, el sistema afectado pueda volver a su estado inicial.
- Sinergia - acción conjunta de dos o más impactos - (S): el significado de la aplicación de este criterio considera la acción conjunta de dos o más impactos, bajo la premisa de que el impacto total es superior a la suma de los dos impactos parciales.
- Acumulación – aportación - (A): este criterio se enfoca a la medición del incremento del efecto en el ambiente ocasionado por un impacto determinado, derivado de la interacción con impactos de la misma naturaleza que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
- Controversia (Co): referentes a la existencia de posibles conflictos por el manifiesto interés de un sector de la sociedad por algunos de los elementos o componentes del entorno. Este interés se puede reflejar en normativa aplicable al componente, a la manifestación expresa de la preocupación por su cuidado o conservación o por el aprovechamiento del recurso.
- Viabilidad de adoptar medidas de mitigación (M): desde este criterio se resume la probabilidad de que un determinado impacto se pueda minimizar con la aplicación de medidas de mitigación. Es muy importante que esa posibilidad pueda acotarse numéricamente para señalar el grado de que ello pueda ocurrir.
- Elaboración de una lista de las actividades y acciones relevantes que comprende el proyecto. En esta etapa se analizaron todas las actividades relacionadas con la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, y desmantelamiento del proyecto. A partir de estas etapas y con base en la información del proyecto, se identificaron las actividades con implicaciones al ambiente.

Elaboración de una lista de los factores y componentes ambientales

En esta etapa se elaboró el inventario la identificación de las actividades para cada obra, así como de los factores y componentes ambientales que podrían ser afectados por las actividades del proyecto, las cuales se enlistan a continuación.

a) **Preparación del sitio**
b) **Construcción**
c) **Operación y mantenimiento**
d) **Desmantelamiento**

Preparación del sitio y construcción del Proyecto

El Proyecto contempla obras y actividades principales, incluyendo sus obras asociadas, obras provisionales que en conjunto se desarrollarán en una superficie de 322 Ha y de acuerdo con el Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250,000, Serie VII (INEGI, 2018), la mayor parte del polígono del proyecto se clasifica como un agro sistema, a excepción de una fracción ubicada en el sector sur. No obstante, la verificación de campo realizada a finales de octubre y principios de noviembre permitió constatar que la totalidad del terreno presenta un estado de antropización. Esta observación se documenta de manera detallada en el apartado correspondiente a la revisión de uso de suelo y vegetación dentro del Capítulo IV del estudio.

A continuación, se describen las obras y actividades que se realizarán durante la etapa de preparación del sitio, construcción del Proyecto y operación; respecto a la etapa de construcción las actividades se dividen en obra civil y obras electromecánicas.

5.1.2. Descripción de las actividades a desarrollar en la etapa de Preparación del Sitio

Deslinde y movimientos de tierras

Una vez realizados los estudios previos y con el arreglo en planta del Proyecto Fotovoltaico Tikinmul se iniciará con la preparación del sitio que tendrá como actividades las siguientes:

- **Delimitación y señalización**

Basado en el plano topográfico se fijan con precisión los límites o vértices del polígono que abarca el proyecto; así como diversos puntos dentro del polígono que servirán de

ubicación y referencia para desplantar las diferentes obras civiles y electromecánicas, instalaciones temporales como almacenes y oficinas y centro de interconexión. Se indicará físicamente por medio de banderines, estacas, mojoneras, cal y dispositivos electrónicos especializados en topografía para trazar lo indicado de acuerdo con los planos de proyecto. Además, se colocarán carteles, balizas y otras señalizaciones en caso de ser necesario.



Figura V-1 Delimitación y señalización

Desmonte y despalme

Consiste en la eliminación de residuos superficiales, vegetación menor o suelta, basura y cualquier objeto no deseado en el terreno, siendo el objetivo preparar el terreno, asegurando que esté libre de obstáculos y materiales superficiales.



Figura V-2 Desmonte

El desmonte y despalme consiste en la eliminación de vegetación mayor, como árboles, arbustos grandes y raíces, además del retiro de la capa superficial del suelo que puede contener piedras y materia orgánica, el objetivo es preparar el terreno para construcción.

Se procederá mediante equipos o maquinaria pesada para el arrastre de la capa orgánica superficial del suelo, cuyo espesor dependerá de acuerdo con la zona y condiciones del terreno. Esto ocurrirá en áreas donde se requiera una cierta nivelación de terreno como en áreas de los módulos fotovoltaicos, centro de interconexión, caminos internos, obras de conducción, obras electromecánicas, entre otros.



Figura V-3 Desmontes y despalmes

Trazo

Se efectuará por medio de estacas de madera, hilo y cal, con los cuales y junto con los planos de ingeniería y dispositivos topográficos, se indicarán y marcarán los puntos de referencia y áreas para hacer las excavaciones, cortes e hincado de perfiles para cumplir lo indicado en los planos de ingeniería, delimitando las áreas a desplantar y trazo de los ejes de las cimentaciones y demás edificaciones.



Figura V-4 Trazo

- **Cortes**

En cuanto a la remoción de material del terreno se requerirá de cortes en el Proyecto para nivelar el terreno, principalmente en las áreas destinadas para centros de interconexión, caminos y obras electromecánicas en el parque fotovoltaico donde este material se retirará del terreno y se reubicará.

Se procurará mantener en lo posible las pendientes naturales excepto en las áreas para centro de interconexión y obras hidráulicas de protección y desvío, para asegurar la integridad del desarrollo del proyecto y su funcionamiento.



Figura V-5 Cortes

- **Terraplenes**

Como parte de los trabajos de movimiento de tierras, se tiene el desarrollo de actividades de relleno con material de banco con el objetivo de levantar su nivel y formar una plataforma para salvaguardar la infraestructura que se construya como centro de interconexión, incluyendo los caminos de acceso e interiores, y mejoramiento de suelo en las áreas en donde se requiera.



Figura V-6 Terraplenes

- **Nivelaciones**

La nivelación implica ajustar la superficie del terreno para que tenga una pendiente más suave, según los requerimientos del proyecto. Este proceso busca eliminar irregularidades, como desniveles significativos, montículos y depresiones. Esto se llevará a cabo con un movimiento de tierras en el área de proyecto, esto facilitará el drenaje del agua para evitar problemas de inundaciones o acumulación de agua de acuerdo con las pendientes definidas en el estudio hidrológico, además de que se optimiza el uso del espacio disponible.



Figura V-7 Nivelaciones

Excavaciones

Consiste en la remoción de tierra, roca, o materiales del suelo mediante maquinaria pesada para crear una cavidad, zanja o nivelar el terreno. Esto con el fin de preparar el terreno para la construcción de cimientos, instalaciones subterráneas, sistemas de drenaje o espacios subterráneos como sótanos o requerimientos especiales en cualquier edificación necesaria.



Figura V-8 Excavaciones

Rellenos

Una vez alcanzada la diferente profundidad de excavación para las diversas estructuras de obra civil y electromecánica que se tienen para el proyecto, todo este material se dejará a un lado y se procederá a rellenar con el mismo material producto de las excavaciones conforme a los procedimientos de compactación adecuados para cada caso, aplicando la humedad necesaria para cumplir con los parámetros establecidos.

5.1.3. Descripción de las actividades a desarrollar en la etapa de Construcción del Proyecto

Campamentos y almacenes.

Dentro del alcance del proyecto se tiene contemplado tener un área destinada a bodegas, almacenes, talleres provisionales, oficinas de supervisión, comedor y vivero, principalmente, la cual será determinada por el contratista conforme a su logística y consideraciones generales para el proceso constructivo, pero definitivamente estas áreas deben y estarán dentro del mismo predio disponible y áreas autorizadas.

Las instalaciones provisionales, tendrán servicios hidrosanitarios y de energía adecuadamente acondicionados. En los frentes de obra se instalarán letrinas portátiles para los trabajadores. Para el manejo y disposición de los residuos sanitarios que se generen, se contratará a una empresa autorizada para prestar este servicio. Durante la construcción, la contratación de este servicio será responsabilidad del contratista.





- **Cimentaciones**

Colocación de plantillas, acero de refuerzo, cimbra y colados en cimentaciones

Para las cimentaciones de cualquier elemento o edificación en el PROYECTO FOTOVOLTAICO TIKINMUL, se considera obligatorio desplantar primero una plantilla de

concreto pobre para recibir el acero de refuerzo calculado por el diseño de la ingeniería y garantizar la correcta geometría, nivelación de la estructura. En sustitución de plantillas de concreto se podrá utilizar como opción una membrana de plástico para evitar contaminar el concreto de las cimentaciones con el terreno natural o terraplén en su caso.

El acero de refuerzo calculado, respaldado en el proyecto de ingeniería propondrá la resistencia a la tensión y compresión al concreto, permitiendo que la estructura soporte las cargas a las que estará expuesta. El acero se habilitará en sitio y se respetarán diámetros, porcentajes y longitudes propuestas en su diseño.



Para la cimbra de los elementos a colar en todo el PROYECTO FOTOVOLTAICO TIKINMUL, se instalarán soportes temporales, ya sean de madera o metálicos, para apuntalar durante el vaciado del concreto, deberá ser resistente para soportar el peso del concreto fresco y las cargas de vibración durante el colado.



Para el colado de las cimentaciones del PROYECTO FOTOVOLTAICO TIKINMUL, se empleará concreto premezclado de plantas **concreteras cercanas** al Proyecto, este material deberá cumplir con los requerimientos solicitados; Para volúmenes de concreto pequeños se requerirá de revolvedora manual; para ambos casos se vacía el concreto en las cimentaciones de acuerdo con las líneas de proyecto, se utilizarán vibradores, carretillas y herramientas menores para los colados y descimbrados.

Montaje de soporte y estructura soporte módulos fotovoltaicos

Para la estructura soporte del seguidor se tienen las siguientes opciones de cimentación: directamente enterrados, con perforación o en poste de concreto; conforme las características del terreno para el soporte de las estructuras de los seguidores se empleará la técnica de hincado directo sobre el terreno mediante perfil metálico. Para determinar el hincado óptimo del perfil metálico de las estructuras soporte de los seguidores, se realizarán pruebas de Pull out, esto conforme las condicionantes del suelo y las cargas específicas de los seguidores.

Se introducirán pilotes o elementos similares, para crear cimentaciones de mayor profundidad y recibir así la estructura que conformará los seguidores. Sobre la superficie previamente nivelada se introducirán los pilotes utilizando maquinaria especializada como hincadoras de percusión, golpeando la cabeza de los pilotes e hincándolos en el suelo hasta la profundidad determinada, se monitorizará la resistencia del hincado y la profundidad alcanzada para garantizar la correcta instalación del pilote.

Se determinarán los estratos del terreno previamente mediante los estudios de mecánica de suelos para garantizar la profundidad ideal de hincado, analizando los diversos factores que puedan incurrir como aspectos climatológicos, tipo de estructura y sus características. Es necesario cumplir con las tolerancias admisibles en cuanto a pendientes del terreno, inclinación y alineación de las hincas en ambos sentidos para una correcta instalación y montaje de los seguidores.





Centros de transformación o interconexión

Para los Centros de Transformación distribuidos en el PROYECTO FOTOVOLTAICO TIKINMUL de acuerdo con arreglo final, se requerirá de una cimentación a base de losas con dados y muros de concreto armado, contando también con un cajón o tanque prefabricado para recibir posibles derrames de aceite contenidos en el equipo del transformador de media tensión y evitar el tiro directo al suelo. Al ser una cimentación superficial, se realizará una excavación para alcanzar la profundidad de desplante recomendada y se rellenará con material producto de ésta, se considerará el uso de la plantilla pobre para desplante o bien el uso de una membrana plástica en sustitución de la plantilla, quedando el armado de acero de refuerzo con mayor recubrimiento en la parte inferior para evitar contacto con el suelo.



En el área de los Centros de Interconexión, se conformará una plataforma con material mejorado que permitirá el desplante de cimentaciones para las diferentes estructuras que forman parte del proyecto, estas cimentaciones pueden ser superficiales; como zapatas aisladas, corridas, dados y losas con geometría variable. Todo el diseño fue considerando las cargas que los equipos ejercen sobre la cimentación que descarga al tipo de suelo que previamente ha sido mejorado con la conformación de una plataforma.

Todo esto tomando en consideración las recomendaciones y conclusiones emitidas en los estudios geotécnicos previos con información de los estratos y profundidades óptimas para el desarrollo de las cimentaciones. En el arreglo de planta de los Centros de Interconexión se consideran pasillos o caminos interiores y perimetrales para una comunicación funcional para operación y mantenimiento.

Los elementos que componen al Centro de Interconexión son los siguientes:

Sistema de Almacenamiento de Energía (SAE)

Los equipos que componen al Sistema de Almacenamiento de Energía (SAE) descargan sobre una cimentación de acuerdo con la plantilla de fijación de los equipos proporcionadas por el fabricante para soportar cualquier condición y combinación de carga, así como sus efectos posibles a presentarse en su vida útil.

De acuerdo con las características descritas anteriormente, se estima usar como cimentación para los equipos del SAE lo siguiente:

- Baterías de Almacenamiento: Zapatas Aisladas.
- Transformadores: Zapatas Aisladas conectadas en su base por una losa de concreto armada y un cajón a base de muros de concreto armado como tanque colector de aceite en caso de derrames.
- Sistema de Servicios Auxiliares: Zapatas Aisladas
- Inversores: Zapatas Aisladas.

Edificio Eléctrico

Los Edificios Eléctricos constan de una estructura a base de elementos de concreto armado y muros perimetrales e interiores de carga y divisorios de mampostería que sirven a la contribución de cargas verticales y laterales que actúan sobre dicha edificación, esta estructura consta de más de 2 marcos en cada dirección y que a su vez estos confinan los muros de mampostería. Las losas de azotea, entrepiso en cuarto de Tableros y de piso son a base de losa maciza de concreto reforzado, plana y se apoyan sobre trabes.

Su cimentación se conforma mediante zapatas aisladas y corridas, conectadas entre sí por contratrabes de liga, así como trabes que dan soporte a las losas. Para esta cimentación se toman en cuenta las recomendaciones en capacidades de carga y módulos de reacción derivadas del estudio geotécnico.



Subestación Elevadora

Dentro de la subestación elevadora existen diferentes componentes principales, los cuales se describirán a continuación:

- Transformador de potencia: También identificado como Transformador Principal, es quizá el equipo más importante de la subestación y cuya función es elevar el nivel de tensión de la energía generada por la Central para su interconexión con el sistema eléctrico. Dicho equipo, descargará su peso en una cimentación superficial y su forma y dimensiones dependerán de la ingeniería de diseño, que normalmente se compone de una losa o cajones reticulados. El material empleado, comúnmente, es de concreto reforzado por que su procedimiento constructivo será el mismo que se menciona en los apartados "Colocación de plantillas, acero de refuerzo, cimbra y colados en cimentaciones". Esta cimentación estará desplantada en una plataforma de tierra previa a la construcción de la cimentación. Contará con un cárcamo para acumulación de aceites que puedan expulsar los equipos.
- Transformadores auxiliares: Estos equipos, descargarán su peso en una cimentación superficial y su forma y dimensiones dependerán de la ingeniería de diseño, que normalmente se compone de una losa o cajones reticulados. El material empleado, comúnmente, es de concreto reforzado o prefabricado. Contará con un cárcamo para acumulación de aceites que puedan expulsar los equipos.
- Transformador zig zag: El equipo, descargará su peso en una cimentación superficial y su forma dimensiones dependerán de la ingeniería de diseño, que

normalmente se compone de una losa o cajones reticulados. El material empleado, comúnmente, es de concreto reforzado. Contará con un cárcamo para acumulación de aceites que puedan expulsar los equipos.

- Muro cortafuego: Es un elemento de protección para evitar la propagación de incendio que pudiera presentarse en el transformador de potencia, dicho elemento, deberá ser robusto para soportar explosiones y contener el fuego. Por su robustez y diseño, es un elemento que consiste en un muro de mampostería, hecho de tabique o tabicón de cemento o de algún otro material pétreo, rodeado de componentes estructurales como columnas, trabes y castillos de concreto reforzado para darle estabilidad y debido confinamiento. Su cimentación es variable dependiendo de la ingeniería de diseño.
- Equipos de estructuras mayores y menores: Los equipos están soportados por estructuras hechas de perfiles de acero estructural. El arreglo, armadura, el tipo de perfil, así como las dimensiones y la altura estarán dadas por la ingeniería de diseño. La cimentación que se utilizará en esta estructura será una cimentación superficial a base de zapatas aisladas de concreto reforzado.



Planta de emergencia

Alojada en una caseta de estructura de concreto y muros de mampostería, este equipo va directamente montado o anclado a la cimentación con su nivelación correspondiente para un correcto funcionamiento.



Caminos y Validades

Caminos principales y secundarios en Parque Fotovoltaico

Para la construcción del Proyecto, particularmente en el área identificada en este documento como Parque Fotovoltaico, se considerarán dos tipos de caminos; caminos principales y caminos secundarios.

Se conformarán con material extraído de bancos de material cercanos a la zona y listados entre los autorizados para el proyecto; serán de terracería y se conformarán de dos capas con espesores especificados en base y sub-base para garantizar el correcto funcionamiento durante la etapa de operación del Proyecto Fotovoltaico Tikinmul, el ancho de los caminos en su superficie de rodamiento, serán de 10 m para principales y de 4 m para los secundarios que se desarrollan entre módulos, más la conformación del camino, que esta distancia horizontal será variable según la ingeniería de diseño.

Respecto al diseño, estos caminos de terracería no requerirán de acabados como concreto y asfalto o cualquier modificación con materiales cementantes, además serán acondicionados de manera amigable con el medio ambiente.

Al no tener un acabado pavimentado, debe garantizarse una buena estabilidad y capacidad de drenaje, manejando espesores significantes en la base y la sub-base, de ser necesario, se podrá incluir en diseño el empleo de geotextiles que apoyen a la conformación de los caminos.

Dichos caminos principales y secundarios deberán estar todos funcionalmente interconectados entre sí, permitiendo así, una mejor movilidad dentro del campo.



Caminos interiores en Centro de Interconexión

Por otro lado, para los Caminos Interiores en Centros de Interconexión, podrán pavimentarse, conservando la misma estructura de los caminos interiores en Parque Fotovoltaico, más una capa de rodamiento, que será hidráulico de alta resistencia o asfáltico, que soporte el tráfico vehicular y cargas dinámicas de cualquier tipo de vehículo presentes en diseño, considerando las juntas de expansión y sellado.

Los anchos de la superficie de rodamiento en estos casos, será variable dependiendo del diseño y conformación del arreglo general del Centro de Interconexión.



Cruces de camino con zanjas de cableado.

Dentro del área del Proyecto se colarán elementos de tipo encofrado en todos los cruces que se tengan de zanjas, buses o tubería de cableado o de drenaje de cualquier tipo con los caminos de Proyecto Fotovoltaico Tikinmul, éstos, serán de concreto vaciado con una resistencia adecuada para evitar daño en los sistemas que pasen por debajo del camino y brindar protección, seguridad y facilidad de mantenimiento.







Obras de conducción de agua

Para el desarrollo de las obras o actividades del Proyecto se requerirán obras de tránsito, drenaje para captar y encausar los escurrimientos naturales del terreno para evitar daños a las obras.

Para poder asegurar el cauce natural de los escurrimientos de las áreas requeridas de acuerdo con el estudio hidrológico y evitar la erosión y perdida del suelo, así como preservar la integridad de cuerpos de agua presentes y de la infraestructura del Proyecto durante la etapa de operación, se construirán diversas obras de drenaje como cunetas, alcantarillas, vados y/o canalizaciones requeridas, empleando métodos constructivos adecuados con el entorno del sitio.

Vados

Los vados son losas de concreto armado de espesor y longitud variable por el ancho del camino. Contienen también alguna protección para la socavación, en la entrada y la salida del vado.



Alcantarillas

Para las obras de paso de alcantarilla con tubos o de cajón de concreto, se contemplan tubos o secciones de concreto armado con huecos que cruzan los caminos interiores como de acceso a la central de manera transversal, respetando los sentidos del escurrimiento, así como de muros de cabeza y aleros en los costados para conformar las obras de paso.



Cunetas (obras de protección y captación)

Las cunetas son zanjas o canales abiertos longitudinales tan largos como se requiera en el proyecto, con una pendiente suave, que no exceda el 6.7 %, donde el agua corre a superficie libre. Son construidas adyacentes a los hombros de la corona del camino en uno o en ambos lados y a un nivel menor, para captar, conducir, y evacuar en forma adecuada el agua superficial (aguas de lluvia) que escurre sobre la superficie de la corona, de los taludes de los cortes, o del terreno contiguo, conduciéndola a un sitio donde no se acumulen y no provoquen depósitos, inundaciones o daño alguno a los caminos.

El revestimiento de las cunetas puede ser de concreto hidráulico, de mampostería, de tierra conformada y adecuada o de lo que indique el proyecto, siempre cumpliendo con todas las disposiciones y condicionantes ambientales correspondientes.

La forma de una cuneta viene dada por su sección transversal, generando un prisma o figura geométrica y estará en función de los requerimientos del proyecto, tanto en forma como en el material de construcción, que por normatividad será acorde al tipo de obra a desarrollar.

- b= Base de la cuneta.
- El color azul en sus distintas tonalidades señala el volumen o área transversal que determina la superficie de la cuneta denominada.

Barda o cerco perimetral

Todo el perímetro de los Centros de Interconexión será a base de dalas y columnas de concreto como estructura y block de concreto con concertina en la parte superior de la barda.

La cimentación de la barda perimetral según su cadenamiento y sección será conforme el diseño estructural a base de zapata corrida de diferentes dimensiones y profundidades, conforme a lo proyectado se contempla zapata corrida.

Las zapatas, muros, cadenas de desplante, través de liga, castillos etc., serán recubiertos por todos sus lados visibles con aditivos e impermeabilizantes en acabado común.

Se colocarán en los contratrabes, en zonas de relleno, drenajes de tubos de PVC con diámetro de 10 cm @ 400 cm para permitir el flujo de agua.

Sobre el rodapié de concreto armado producto de la cimentación, en su sección superior se aplicará a dos manos base cementante (impermeabilizante para cimentaciones), previo al inicio de la colocación de la primera hilada del muro.

El muro que conformará la barda perimetral será de 2.20 m de altura libre más dala de cerramiento y se construirá con block solido macizo de 15 x 20 x 40 cm, con una resistencia de compresión de fy= 3.92 MPa (40 kg/cm^2), asentado con mezcla mortero arena proporción 1:5 y juntas de 1cm de espesor acabado aparente en ambas caras, con elevación manual y a la altura indicada en el plano y a los seccionamientos y niveles de la obra que autorice el promovente en base a especificaciones de construcción.



Cerco perimetral

Se tiene considerado la colocación de un cerco perimetral a lo largo de todo el perímetro del Proyecto y a lo largo del polígono destinado a obras temporales, este cerco tiene contemplado pasos tanto para fauna mayor como para fauna menor, a fin de permitir el libre paso de especies animales de distintos tamaños, estos pasos estarán separados a una distancia no mayor de 30 y 100 metros respectivamente uno del otro a todo lo largo de su desarrollo.

Los postes del cerco se ahogarán en dados de concreto armado colocados directamente en el suelo, lo suficientemente enterrados para soportar el peso propio de la estructura que comprende al cerco, postes y malla ciclónica con elementos diagonales y horizontales para dar soporte a la estructura misma, así como para soportar las acciones que el viento pueda aplicar sobre la misma.



Montaje de estructura de soporte fijo.

Todos los elementos estructurales se deben suministrar a la obra con su respectivo recubrimiento anticorrosivo (primario y acabado).

Armado. Las piezas se unirán con tornillos calibrados o de alta resistencia. Se colocará el número suficiente de tornillos de armado apretados con el torque adecuado mediante llave manual, para asegurar la inmovilidad de las piezas armadas y el íntimo contacto entre las superficies de unión.

Las piezas que han de unirse con soldadura se fijarán entre sí con medios adecuados que garanticen, sin una excesiva coacción, la inmovilidad durante el soldeo y enfriamiento subsiguiente, para conseguir exactitud en la posición y facilitar el trabajo de soldeo.

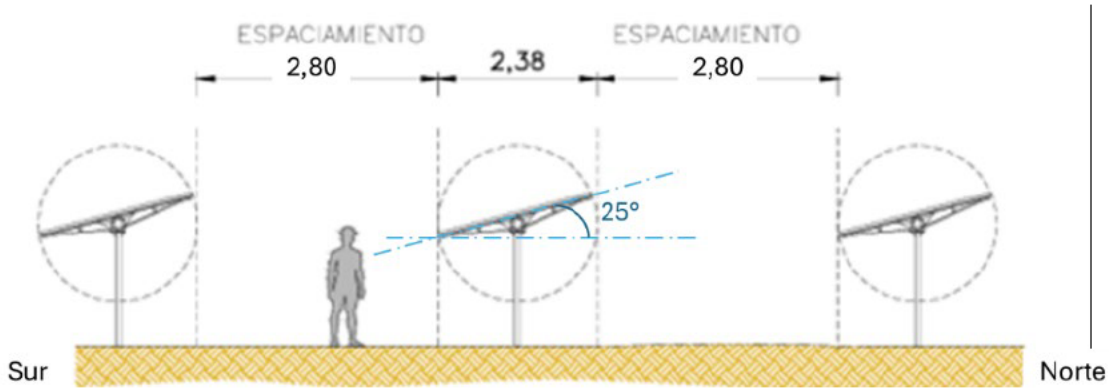
Como medio de fijación de las piezas entre sí, puede emplearse puntos de soldadura depositados entre los bordes de las piezas que van a unirse. El número y el tamaño de los puntos de soldadura será el mínimo necesario para asegurar la inmovilidad.

Con el armado se verifica que la disposición y la dimensión del elemento se ajuste a las indicadas en los planos de taller. Deberán rehacerse o rectificarse todas las piezas que no permitan el armado en las condiciones arriba indicadas. Finalizado el armado, y comprobada su exactitud, se procede a realizar la unión definitiva de las piezas que constituyen las partes que hayan de llevarse terminadas a la obra.

Montaje. - Sobre las cimentaciones previamente ejecutadas se apoyan los soportes. Estas bases se nivelan y se rellena dicho espacio con mortero donde aplique o directamente hincadas. Las sujeciones provisionales de los elementos durante la fase de montaje se aseguran para resistir cualquier esfuerzo que se produzca durante los trabajos.

En el montaje se realiza el ensamble de los distintos elementos, a fin de que la estructura se adapte a la forma prevista en los planos de taller con las tolerancias establecidas. No se comenzará el atornillado definitivo o sujeción de las uniones de montaje, hasta haber comprobado que la posición de los elementos de cada unión coincida con la posición definitiva, de acuerdo con las especificaciones del fabricante**.**

Este Proyecto considera una estructura de soporte fija, sobre la cual se instalarán los módulos fotovoltaicos con una inclinación de 25° de cara hacia el Sur, con lo que se aprovechará de esta manera la irradiación solar promedio anual.



Las estructuras de montaje están fabricadas en material de acero o aluminio, según el diseño del Proyecto, y los elementos para la colocación y anclaje de los módulos fotovoltaicos estarán fabricados de acero inoxidable o aluminio, con el fin de evitar el efecto de par galvánico.

Mediante las estructuras fijas se permite lograr una adaptabilidad al terreno aún si este presenta ligeras pendientes, lo que puede permitir la optimización de los movimientos de tierras.

Montaje de módulos fotovoltaicos.

Tras completar el montaje de soportes y estructuras, los módulos se transportarán desde el área de almacén (donde se resguardarán hasta su colocación) hasta lugares estratégicos del sitio con un vehículo automotor, para su posterior instalación manual en cada fila designada. El sistema de fijación de los módulos se realizará de forma manual mediante tornillería de acero galvanizado autorroscante y el empleo de herramienta menor.



Zanjas para conductores, ductos eléctricos y sistema de tierras.

Zanjas y ductos eléctricos. Con el trazo realizado, se ejecuta la excavación por medios mecánicos o manuales a una profundidad adecuada tanto para las zanjas, los ductos y registros, siendo la profundidad de dichas excavaciones de acuerdo con el diseño del proyecto. Para las zanjas, los conductores se tienden directamente para ser enterrados, en caso de ductos eléctricos, se afina el fondo y se colocan los ductos eléctricos de acuerdo con las líneas de proyecto, para la colocación de tubería de polietileno de alta densidad o tubería de PVC embebida en concreto o directamente enterrada. Posteriormente se rellena con material producto de la excavación. Para los registros, estos pueden ser prefabricados o de mampostería debidamente aplanados con tapas de concreto y preparaciones adecuadas para remover con facilidad en trabajos de revisión y mantenimiento.

En las etapas del proyecto anterior los cables eléctricos de los circuitos colectores de energía fueron instalados directamente enterrados, utilizando encofrados únicamente en

puntos de cruces con caminos (de acceso, perimetrales o interiores), por lo que se continuará con este mismo método en los trabajos del presente Proyecto.





Sistema de tierras. El sistema de tierras consiste en tender sobre el suelo y a una profundidad determinada, una red de cable de cobre desnudo en la cual se conectarán la base de la estructura de acero de los equipos, de acuerdo con el diseño, con la finalidad de proteger al personal y las instalaciones.









Instalación de cableado eléctrico en CD.

Para la interconexión eléctrica de módulos fotovoltaicos se requiere la formación de arreglos serie paralelo de los mismos. Para cada arreglo en serie se unen los conductores de cada módulo y posteriormente se canalizan los puntos finales de los arreglos a través de líneas de conducción subterráneas o canalizaciones visibles dedicadas, con la finalidad de recolectar en Corriente Directa (CD) la energía total de los arreglos en cajas de conexiones distribuidas a lo largo del Parque Fotovoltaico. De dichas cajas de conexión, se interconectan mediante tubería subterránea o directamente enterrados, según sea el caso, los conductores eléctricos que van hacia los inversores y equipos asociados.





Inversores y centros de transformación MT.

Una vez colectada la energía en Corriente Directa y enviada hacia los inversores, se pretende construir centros de transformación donde estén alojados los inversores, equipos eléctricos de protección y maniobra, así como un transformador elevador para integrar a la red de los centros de transformación en Media Tensión (MT).

A estos equipos llega el cableado de corriente directa (CD) proveniente de las cajas de conexión instaladas a lo largo del parque, posteriormente se envía el cableado de corriente alterna (CA) a través de ductería hacia los transformadores de MT que estarán localizados en centros de transformación.

Además, las plataformas incluirán equipos de media tensión como celdas compactas en aire o en aislamiento SF6 para el enlace con el punto de interconexión.



Sistema de colección de energía en MT.

Para recolectar la energía producida y transformada en corriente alterna, se requieren cables en media tensión enterrados en zanjas, los cuales unirán eléctricamente cada centro de transformación y mediante buses colectores se enviará la energía generada a la subestación eléctrica del Proyecto Fotovoltaico Tikinmul ubicada en el centro de interconexión. Con la finalidad de reducir pérdidas eléctricas en la recolección de la energía, el voltaje a utilizar en este sistema será de 34.5 kV.







Instalación del equipo de control y comunicación.

El equipo de control y comunicación estará instalado en los centros de transformación, centros de interconexión y/o edificio administrativo. Los diferentes equipos de control y comunicación contarán con un enlace redundante vía radiofrecuencia, conexión Wi-Fi y/o mediante fibra óptica, cuyo enlace se instalará a través de ductos subterráneos.

Sistema de almacenamiento de energía (SAE).

Tal como se ha mencionado anteriormente en este documento, el proyecto debe considerar un sistema de almacenamiento de energía, el cual se instalará en contenedores prefabricados para una fácil y rápida integración. Para este efecto se requiere realizar cimentaciones individuales de concreto para los contenedores, así como las preparaciones necesarias para la llegada y salida de los cables y ductos requeridos para su integración como un elemento principal del PROYECTO FOTOVOLTAICO TIKINMUL, de acuerdo con las especificaciones particulares del proveedor.



Interconexión eléctrica.

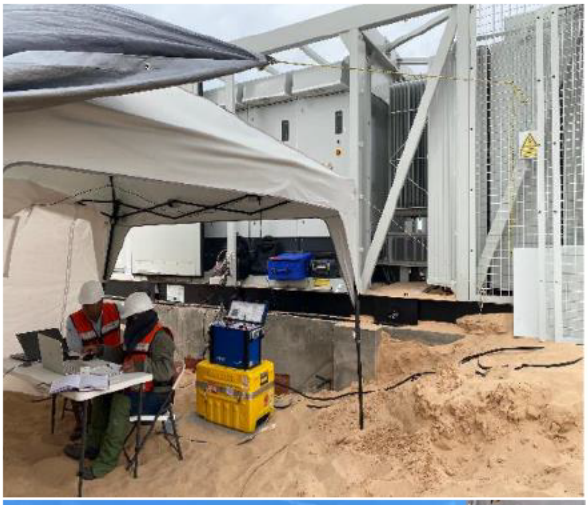
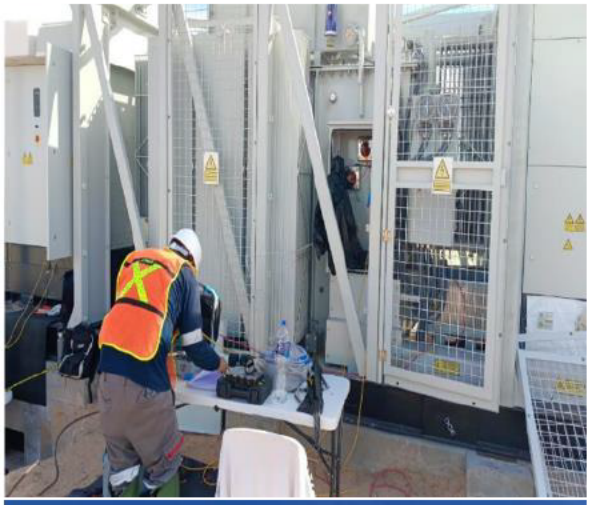
La energía proveniente de los módulos fotovoltaicos y del sistema de almacenamiento de energía se recolecta y se transporta mediante conductores subterráneos de media tensión hasta el transformador principal para elevar la tensión a un nivel de 400 kV, posteriormente, por medio de conductores aéreos de alta tensión mediante el uso de torres de acero, por lo cual esta energía es entregada en el punto de interconexión en la subestación S.E. PROYECTO FOTOVOLTAICO TIKINMUL 400 kV, para su posterior entrega a los usuarios mediante la infraestructura eléctrica del sistema cumpliendo con los requerimientos finales del estudio de interconexión ante el CENACE.



La descripción a detalle de las obras y actividades de la interconexión se detallaron en el Capítulo II.

Pruebas y puesta en servicio.

Las pruebas pre-operativas y de puesta en servicio de todos los equipos y sistemas que conformarán el Proyecto, serán realizadas una vez concluido su montaje con apego a la normatividad nacional e internacional aplicable empleando personal, equipos y herramientas especializadas, principalmente. Las pruebas serán supervisadas por personal especializado de la CFE.



5.1.4. Descripción de las actividades a desarrollar en la etapa de operación del Proyecto

Las centrales solares con tecnología fotovoltaica son instalaciones generalmente desatendidas, es decir, su operación se realiza de manera automática con equipos tecnológicamente probados y disponibles comercialmente en la industria, por lo que la atención durante su operación es mínima.

El mantenimiento de este tipo de centrales se enfoca principalmente a la limpieza de la cubierta de los módulos fotovoltaicos, mantenimiento a los sistemas de seguimiento, ajustes y revisión de conexiones eléctricas y mecánicas. No existen partes móviles significativas por lo que esto también simplifica su operatividad y atención.

Respecto a los sistemas de almacenamiento SAE, la operación es principalmente automática mediante el software de gestión dedicado y mediante la integración del monitoreo y control local y remoto, de acuerdo con el propósito de utilización de este.

En cuanto al mantenimiento, las baterías de litio-ion, son prácticamente libres de mantenimiento por lo que, durante su vida útil entre 5 y 10 años para este tipo (dependiendo de los ciclos de carga descarga, de los perfiles operativos entre otros factores), se requiere una supervisión y registro del sistema.

Generalmente para este tipo de sistemas, se requiere de un Servicio de Mantenimiento de Largo Plazo por parte del tecnólogo, de acuerdo con los parámetros operativos del SAE, para mantener funcionando correctamente, de forma óptima y segura, incluyendo el mantenimiento preventivo, partes de repuesto y remplazo de las baterías y reparación de emergencia. Al final de la vida útil de las baterías, el tecnólogo dispondrá de las mismas, para su remoción, empacamiento y envío hacia los centros de reciclaje que designe. Actualmente con las tecnologías de información y componentes inteligentes, es posible recolectar una cantidad de datos importante para que se pueda monitorear, analizar y prevenir fallos en los componentes principales del sistema fotovoltaico, tales como los inversores, seguidores y SAE.

En lo que se refiera al condensador sincrónico, este es una máquina eléctrica similar a un motor sincrónico, utilizada principalmente para la compensación de factor de potencia en sistemas eléctricos. Operativamente, se conecta a la red eléctrica y, una vez sincronizado con la frecuencia de la red, opera sin carga mecánica, actuando como una fuente de reactivos. La capacidad de ajustar su excitación permite regular el flujo de reactivos, mejorando así la estabilidad y eficiencia del sistema.

El mantenimiento de un condensador sincrónico incluye inspecciones regulares de los devanados y aislamiento, asegurando la lubricación adecuada de los rodamientos y el correcto funcionamiento del sistema de enfriamiento. También se revisan los sistemas de excitación y control para detectar y corregir posibles fallas. Este mantenimiento preventivo es crucial para evitar interrupciones y prolongar la vida útil del equipo.

Tabla V-1 Factores y componentes ambientales para el proyecto

Factor ambiental		Componente ambiental analizado
Físicos	Geomorfología	Relieve (topo formas)
	Suelo	Características físicas

		Características químicas
		Procesos erosivos Uso actual (cambio de uso)
	Atmósfera	Calidad del aire (gases partículas)
		Nivel de ruido
	Hidrología superficial	Características fisicoquímicas
		Patrón de drenaje (infiltración y escurrimiento)
		Uso actual
Biológicos	Vegetación	Cobertura
		Composición
		Especies en estatus
		Especies comerciales (uso actual)
	Fauna	Abundancia y Distribución
		Composición
		Modificación de hábitat (Temporal)
		Especies en estatus de riesgo
		Especies comerciales
Estético	Paisaje	Calidad estético-paisajística
Demográficos	Sociales y económicos	Uso del suelo
		Vías de comunicación
		Economía local
		Economía regional
		Servicios públicos
		Densidad de población
		Culturales/arqueológicas

5.1.5. *Identificación de interacciones ambientales*

En esta sección se analizan las **interacciones entre los distintos componentes del sistema ambiental regional** y las acciones asociadas al proyecto de la planta fotovoltaica. El enfoque permitió identificar cómo las alteraciones en un componente pueden generar efectos en otros, evaluando relaciones **directas, indirectas y sinérgicas**.

Como resultado de la aplicación de la metodología señalada anteriormente, se obtuvieron los siguientes resultados:

Etapas 1 y 2. Las acciones y actividades por etapa del proyecto se señalaron con anterioridad, los factores y componentes ambientales susceptibles de ser afectados se presentan en la Tabla 1.

Etapa 3. Una vez identificadas las actividades relevantes del proyecto, así como los factores y componentes ambientales susceptibles de ser afectados, se procedió a elaborar la matriz de identificación de interacciones ambientales (tabla 2, 3, 4 y 5), en la cual se establecieron las interacciones que corresponden con los impactos ambientales que podría causar el proyecto. Los factores ambientales se dividieron en: físicos, bióticos y socioeconómicos.

Tabla V-2 Matriz de identificación de interacciones preparación del sitio

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO ETAPA PREPARACION DEL SITIO									
Factores / componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Delimitación y señalización**	**Desmonte y despalmes**	**Trazo**	**Cortes**	**Terraplenes**	**Excavaciones**	**Relleno**
Físicos	Geomorfología	Relieve (topoformas)	1	2	3	4	5	6	7
Físicos	Suelo	Características físicas		8		9	10	11	12
Físicos	Suelo	Características químicas		13		14	15	16	17
Físicos	Suelo	Procesos erosivos		18		19		20	
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire (gases, partículas)	21	22	23	24	25	26	27
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	28	29	30	31	32	33	34
Físicos	Hidrología superficial	Características físico / químicas		35		36	37	38	39
Físicos	Hidrología superficial	patrón de drenaje		40		41	42	43	44
Físicos	Hidrología superficial	Uso actual		45		46	47	48	49
Biológicos	Vegetación	Cobertura		50					
Biológicos	Vegetación	Composición		51					
Biológicos	Vegetación	Especies en estatus nom/059							

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO ETAPA PREPARACION DEL SITIO									
Factores / componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Delimitación y señalización**	**Desmonte y despalmes**	**Trazo**	**Cortes**	**Terraplenes**	**Excavaciones**	**Relleno**
Biológicos	Vegetación	Especies comerciales							
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución		52		53		54	
Biológicos	Fauna	Composición		55		56		57	
Biológicos	Fauna	Modificación de hábitat (temporal)		58		59		60	
Biológicos	Fauna	Especies en estatus nom/059		61		62		63	
Biológicos	Fauna	Especies comerciales		64		65		66	
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas		67		68		69	
Demográficos	Sociales y económicos	Uso del suelo		70					
Demográficos	Sociales y económicos	Vías de comunicación							
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local		+	+	+	+	+	+
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional		+	+	+	+	+	+
Demográficos	Sociales y económicos	Servicios públicos							

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO ETAPA PREPARACION DEL SITIO									
Factores / componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Delimitación y señalización**	**Desmonte y despalmes**	**Trazo**	**Cortes**	**Terraplenes**	**Excavaciones**	**Relleno**
Demográficos	Sociales y económicos	Densidad de población							
Demográficos	Sociales y económicos	Culturales/arqueológicas		71				72	

Tabla V-3 Matriz de identificación de interacciones Construcción

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO ETAPA DE CONSTRUCCIÓN																	
Factores / componentes	Elemento ambiental	Etapas / actividades / aspecto ambiental	Obras de protección y captación	Excavaciones y relleno con material compactado	Excavaciones y relleno con material compactado	Colado de plantilla	Colocación de acero de refuerzo y cimbra.	Colado de cimentaciones de estructuras soporte de módulos fotovoltaicos	Cerco perimetral	Montaje de soportes y estructuras para los módulos fotovoltaicos (bastidores).	Montaje de módulos fotovoltaicos	Almacenes, bodegas y talleres	Centros de interconexión	Ductos eléctricos y sistema de tierras.	Campamentos, dormitorios, oficinas y comedores.	Instalaciones hidrosanitarias.	Pruebas y puesta en servicio
Físicos	Geomorfología	Relieve (topoformas)															
Físicos	Suelo	Características físicas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Físicos	Suelo	Características químicas		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Físicos	Suelo	Procesos erosivos			27												
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire (gases, partículas)	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	
Físicos	Hidrología superficial	Características físico / químicas															
Físicos	Hidrología superficial	patrón de drenaje															
Físicos	Hidrología superficial	Uso actual															
Biológicos	Vegetación	Cobertura															

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO ETAPA DE CONSTRUCCIÓN																	
Factores / componentes	Elemento ambiental	Etapas / actividades / aspecto ambiental	Obras de protección y captación	Excavaciones y relleno con material compactado	Excavaciones y relleno con material compactado	Colado de plantilla	Colocación de acero de refuerzo y cimbra.	Colado de cimentaciones de estructuras soporte de módulos fotovoltaicos	Cerco perimetral	Montaje de soportes y estructuras para los módulos fotovoltaicos (bastidores).	Montaje de módulos fotovoltaicos	Almacenes, bodegas y talleres	Centros de interconexión	Ductos eléctricos y sistema de tierras.	Campamentos, dormitorios, oficinas y comedores.	Instalaciones hidrosanitarias.	Pruebas y puesta en servicio
Biológicos	Vegetación	Composición															
Biológicos	Vegetación	Especies en estatus nom/059															
Biológicos	Vegetación	Especies comerciales															
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución			56												
Biológicos	Fauna	Composición			57												
Biológicos	Fauna	Modificación de hábitat (temporal)			58												
Biológicos	Fauna	Especies en estatus nom/059			59												
Biológicos	Fauna	Especies comerciales															

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Factores / componentes	Elemento ambiental	Etapas / actividades / aspecto ambiental	Obras de protección y captación	Excavaciones y relleno con material compactado	Excavaciones y relleno con material compactado	Colado de plantilla	Colocación de acero de refuerzo y cimbra.	Colado de cimentaciones de estructuras soporte de módulos fotovoltaicos	Cerco perimetral	Montaje de soportes y estructuras para los módulos fotovoltaicos (bastidores).	Montaje de módulos fotovoltaicos	Almacenes, bodegas y talleres	Centros de interconexión	Ductos eléctricos y sistema de tierras.	Campamentos, dormitorios, oficinas y comedores.	Instalaciones hidrosanitarias.	Pruebas y puesta en servicio
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas			60				61	62	63	64	65				
Demográficos	Sociales y económicos	Uso del suelo															
Demográficos	Sociales y económicos	Vías de comunicación															
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional															
Demográficos	Sociales y económicos	Servicios públicos															
Demográficos	Sociales y económicos	Densidad de población															
Demográficos	Sociales y económicos	Culturales/arqueológicas		66													

Tabla V-4 Matriz de identificación de interacciones Operación

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO (OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO)				
Factores / componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Operación**	**Mantenimiento de equipos y panales**
Físicos	Geomorfología	Relieve (topoformas)		
Físicos	Suelo	Características físicas		
Físicos	Suelo	Características químicas	1	2
Físicos	Suelo	Procesos erosivos		
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire (gases, partículas)	3	4
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	5	6
Físicos	Atmosfera	Contaminación lumínica		
Físicos	Hidrología superficial	Características físico / químicas		
Físicos	Hidrología superficial	patrón de drenaje		
Físicos	Hidrología superficial	Uso actual		
Biológicos	Vegetación	Cobertura		
Biológicos	Vegetación	Composición		
Biológicos	Vegetación	Especies en estatus nom/059		
Biológicos	Vegetación	Especies comerciales		
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución	7	
Biológicos	Fauna	Composición		
Biológicos	Fauna	Modificación de hábitat (temporal)		
Biológicos	Fauna	Especies en estatus nom/059		
Biológicos	Fauna	Especies comerciales		
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas	8	9
Demográficos	Sociales y económicos	Uso del suelo		
Demográficos	Sociales y económicos	Vías de comunicación		
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	+	
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional	+	
Demográficos	Sociales y económicos	Servicios públicos	+	
Demográficos	Sociales y económicos	Densidad de población		

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO (OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO)				
Factores / componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Operación**	**Mantenimiento de equipos y panales**
Demográficos	Sociales y económicos	Culturales/arqueológicas		

Tabla V-5 Matriz de identificación de interacciones Desmantelamiento

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO (DESMANTELAMIENTO)						
Factores / componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Retiro y disposición de módulos**	**Retiro y disposición de equipo eléctrico**	**Desarmado de estructuras fijas y de seguimiento**	**Limpieza y acondicionamiento del predio.**
Físicos	Geomorfología	Relieve (topoformas)				
Físicos	Suelo	Características fisicas				
Físicos	Suelo	Características químicas	1	2	3	4
Físicos	Suelo	Procesos erosivos				
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire (gases, partículas)	5	6	7	8
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	9	10	11	12
Físicos	Atmosfera	Contaminación lumínica				
Físicos	Hidrología superficial	Características físico / químicas				
Físicos	Hidrología superficial	patrón de drenaje				
Físicos	Hidrología superficial	Uso actual				
Biológicos	Vegetación	Cobertura				
Biológicos	Vegetación	Composición				
Biológicos	Vegetación	Especies en estatus nom/059				
Biológicos	Vegetación	Especies comerciales				
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución	13	14	15	16
Biológicos	Fauna	Composición				
Biológicos	Fauna	Modificación de hábitat (temporal)				
Biológicos	Fauna	Especies en estatus nom/059				
Biológicos	Fauna	Especies comerciales				

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO (DESMANTELAMIENTO)						
Factores / componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Retiro y disposición de módulos**	**Retiro y disposición de equipo eléctrico**	**Desarmado de estructuras fijas y de seguimiento**	**Limpieza y acondicionamiento del predio.**
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas				
Demográficos	Sociales y económicos	Uso del suelo				
Demográficos	Sociales y económicos	Vías de comunicación				
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	+	+	+	+
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional	+	+	+	+
Demográficos	Sociales y económicos	Servicios públicos	+	+	+	+
Demográficos	Sociales y económicos	Densidad de población				
Demográficos	Sociales y económicos	Culturales/arqueológicas				

- Nota: las interacciones de encuentran numeradas para mayor practicidad en el momento de cuantificar la totalidad de estas.

En función del análisis de las actividades y factores ambientales se identificaron para el proyecto 163 interacciones de los cuales 72 se presentan en la preparación del sitio, 66 en el proceso de construcción, 9 en la etapa de operación y 16 en desmantelamiento.

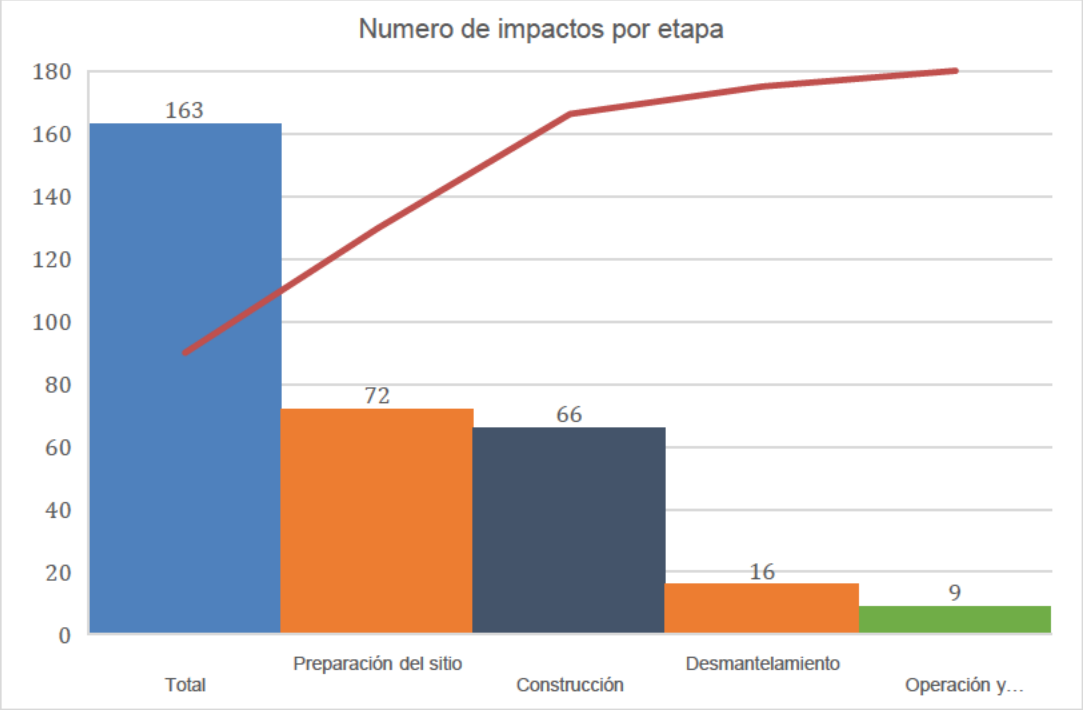


Figura V-9 Numero de impactos por etapa del proyecto

Con relación al número de interacciones por elemento ambiental asociado a la etapa del proyecto en la tabla V.6 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla V-6 Numero de Interacciones Ambientales por etapa

Impactos Ambientales por elemento ambiental en relación con la etapa del proyecto					
Elemento Ambiental	Preparación del sitio	Construcción	Operación y Mantenimiento	Desmantelamiento	Total
Total	72	66	9	16	**163**

Tabla V-7 Interacciones Ambientales por elemento ambiental en relación con la etapa del proyecto

Impactos Ambientales por elemento ambiental en relación con la etapa del proyecto					
Elemento Ambiental	Preparación del sitio	Construcción	Operación y Mantenimiento	Desmantelamiento	Total
Geomorfología	7.00	0.00	0.00	0.00	7.00

Impactos Ambientales por elemento ambiental en relación con la etapa del proyecto					
Elemento Ambiental	Preparación del sitio	Construcción	Operación y Mantenimiento	Desmantelamiento	Total
Suelo	13.00	27.00	2.00	4.00	46.00
Atmósfera	14.00	28.00	4.00	8.00	54.00
Hidrología superficial	15.00	0.00	0.00	0.00	15.00
Vegetación	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00
Fauna	15.00	4.00	1.00	4.00	24.00
Paisaje	3.00	6.00	2.00	0.00	11.00
Sociales y económicos	3.00	1.00	0.00	0.00	4.00
Total	72	66	9	16.00	**163**

La tabla 7 nos muestra que el proyecto genera un mayor número de interacciones para el factor Atmósfera, suelo, fauna y vegetación en ese orden, sin embargo, las relaciones encontradas no establecen hasta este punto; en donde se encuentran los impactos con mayor peso o grado de significancia, el número de interacciones está en función del número de subetapas o subactividades que se encuentran presentes por cada una de la etapa de las principales del desarrollo del proyecto.

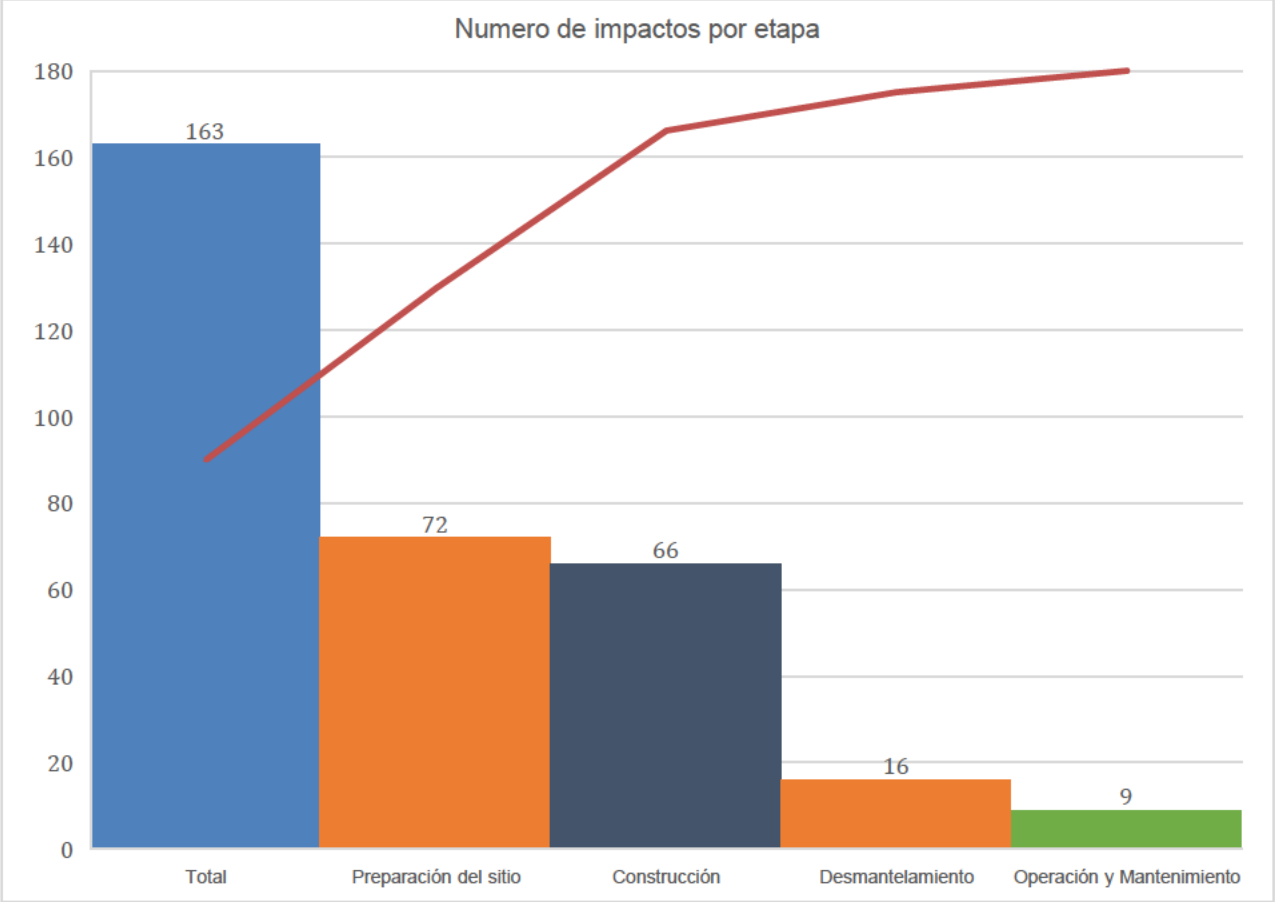


Figura V-10 Número de impactos ambientales por etapa constructiva.

5.1.6. Definición de impactos ambientales

Con base en los resultados de las interacciones entre las actividades del proyecto y los componentes ambientales se definen los posibles impactos ambiental tabla 8.

Tabla V-8 Identificación de impactos y su descripción preparación del Sitio

Elemento ambiental afectado	Factor ambiental relevante afectado	Fase del proyecto	Posible impacto
Geomorfología	Relieve	Preparación del sitio	Modificación del entorno con el tránsito del personal a pie o en vehículos pudiendo provocar afectación a la flora y fauna, generación de residuos etc.

Elemento ambiental afectado	Factor ambiental relevante afectado	Fase del proyecto	Posible impacto
		Preparación del sitio	Remoción de la vegetación por medios mecánicos o manuales del área de acceso a los sitios de construcción que pudieran tener vegetación, que pudiera provocar desplazamiento de la fauna, así como emisiones y ruido a la atmosfera, generación de residuos por el uso de maquinaria o vehículos, o posible contaminación del suelo, así como afectación a la calidad visual del área.
		Preparación del sitio	Remoción de la vegetación por medios mecánicos o manuales del área a sitios de acceso a la construcción que tengan, que pudiera provocar desplazamiento de la fauna, así como emisiones y ruido a la atmosfera, generación de residuos por el uso de maquinaria o vehículos, o posible contaminación del suelo, así como afectación a la calidad visual del área.
Suelo	Características físicas	Preparación del sitio	Cambios en las estructuras del suelo, ocasionado por el desmonte provocando cambios en la estructura física y cohesión del suelo, por la pérdida de la estructura vegetal que da estabilidad al suelo.
		Preparación del sitio	Cambios en las estructuras del suelo, ocasionado por la remoción de la vegetación provocando cambios en la estructura física y cohesión del suelo, por la pérdida de la estructura vegetal que da estabilidad al suelo.
	Características químicas	Preparación del sitio	Posible contaminación del suelo por fugas accidentales de la maquinaria o vehículos provocando cambios del pH del suelo
	Procesos erosivos	Preparación del sitio	Perdida de suelo por la acción del viento y agua, al estar el suelo desnudo derivado de las acciones de remoción de la vegetación.
Suelo	Procesos erosivos	Preparación del sitio	Incrementos en los niveles de erosión por la eliminación de la cubierta vegetal.
Atmósfera	Calidad del aire	Preparación del sitio	Aumentos en los niveles de contaminación atmosférica por el uso de maquinaria y dispersión de suelo.
		Preparación del sitio	Aumentos en los niveles de contaminación atmosférica por el uso de maquinaria y dispersión de suelo.
	Nivel de ruido	Preparación del sitio	Aumentos en los niveles de contaminación atmosférica por el uso de maquinaria (niveles de ruido)
Hidrología superficial	Patrón de drenaje	Preparación del sitio	Modificación de los patrones de escurrimiento superficial e infiltración
	Uso actual		Cambio del uso actual de la hidrología por la modificación del patrón de escurrimiento y perdida de captación de agua

Elemento ambiental afectado	Factor ambiental relevante afectado	Fase del proyecto	Posible impacto
	Características físico / químicas		Posible contaminación por fugas accidentales de vehículos sobre el suelo (Hidrocarburos), provocando cambios del pH del suelo
Vegetación	Cobertura	Preparación del sitio	Perdida de la cobertura vegetal por la acción de la remoción de vegetación en el área que se usara como acceso a la construcción.
	Composición	Preparación del sitio	Cambios en la composición de especies presentes dentro del área del proyecto, derivado de la remoción de la apertura de los sitios de construcción.
	Especies en estatus NOM 059	Preparación del sitio	Posible afectación a especies en la nom-059-semarnat-2010 por las actividades constructivas como seria remoción, poda, extracción o negligencia del personal.
	Especies comerciales	Preparación del sitio	Posible afectación a especies de flora comerciales por la remoción de la vegetación
Fauna	Abundancia y distribución	Preparación del sitio	Cambios en la abundancia y distribución de las especies de fauna por la remoción de cubierta vegetal provocando desplazamiento, lesiones o muerte accidental derivada de la presencia de maquinaria o vehículos y personas.
		Preparación del sitio	Cambios en la abundancia y distribución de las especies de fauna por la remoción de la cobertura vegetal, derivada de la presencia de maquinaria o vehículos y personas.
	Modificación de hábitat (Temporal)	Preparación del sitio	Posible Modificación de hábitat (Temporal) y modificación del nicho ecológico de las especies por la remoción de la cobertura vegetal, derivada de la presencia de maquinaria o vehículos y personas.
		Preparación del sitio	Posible Modificación de hábitat (Temporal) y modificación del nicho ecológico de las especies por la remoción de la cobertura vegetal, derivada de la presencia de maquinaria o vehículos y personas.
	Especies en la NOM 059	Preparación del sitio	Posible afectación a las especies de fauna por la remoción de la cobertura vegetal y presencia del personal provocando desplazamiento, lesiones o muerte accidental.
		Preparación del sitio	Posible afectación a las especies de fauna por la remoción de la cobertura vegetal y presencia del personal provocando desplazamiento, lesiones o muerte accidental.
Fauna	Especies comerciales	Preparación del sitio	Posible afectación a las especies de fauna por la remoción de la cobertura vegetal y presencia del personal provocando desplazamiento, lesiones o muerte accidental.

Elemento ambiental afectado	Factor ambiental relevante afectado	Fase del proyecto	Posible impacto
		Preparación del sitio	Posible afectación a las especies de fauna por la remoción de la cobertura vegetal y presencia del personal provocando desplazamiento, lesiones o muerte accidental.
Paisaje	Cualidades estéticas	Preparación del sitio	Posible afectación al paisaje por la ubicación de las estructuras
		Preparación del sitio	Modificación del paisaje por la remoción de la vegetación
Sociales y económicos	Culturales y arqueológicos	Preparación del sitio	Posible afectación al patrimonio arqueológico y cultural de la zona por la presencia del personal y uso de vehículos.

Tabla V-9 Identificación de impactos y su descripción en construcción

Elemento ambiental afectado	Factor ambiental relevante afectado	Fase del proyecto	Posible impacto
Suelo	Características físicas	Construcción	Cambios en la estructura física del suelo por el proceso de excavación
		Construcción	Cambios en la estructura física del suelo
	Características químicas	Construcción	Cambios en la composición química del suelo.
		Construcción	Posible contaminación por fugas accidentales de vehículos sobre el suelo (Hidrocarburos), provocando cambios del pH del suelo
	Procesos erosivos	Construcción	Aumentos en los niveles de erosión
Atmósfera	Calidad del aire	Construcción	Aumentos en los niveles de contaminación atmosférica por el uso de maquinaria y vehículos
Atmósfera	Calidad del aire	Construcción	Aumentos en los niveles de contaminación atmosférica por el uso de maquinaria (niveles de ruido)
Hidrología superficial	Características fisicoquímicas	Construcción	Posible contaminación por fugas accidentales de vehículos sobre el suelo (Hidrocarburos), provocando cambios del pH del suelo

Elemento ambiental afectado	Factor ambiental relevante afectado	Fase del proyecto	Posible impacto
Fauna	Abundancia y distribución	Construcción	Cambios en la distribución de la fauna en la zona por alteración de nidos o madrigueras de fauna menor
		Construcción	Cambios en la distribución de la fauna en la zona por desplazamiento de las especies.
Paisaje	Cualidades estéticas	Construcción	Afectación perceptual del entorno por el uso de maquinaria
		Construcción	Afectación perceptual del entorno por la construcción de edificios, bardas y estructuras
		Construcción	Afectación perceptual del entorno por el uso de maquinaria

Tabla V-10 Identificación de impactos y su descripción operación

Elemento ambiental afectado	Factor ambiental relevante afectado	Fase del proyecto	Posible impacto
Suelo	Características físicas	Operación y mantenimiento	Dispersión de partículas de suelo superficial por el paso de vehículo
	Características químicas	Operación y mantenimiento	Posible contaminación por fugas accidentales de vehículos sobre el suelo (Hidrocarburos), provocando cambios del pH del suelo, generación de residuos posible contaminación al suelo
Atmósfera	Calidad del aire	Operación y mantenimiento	Aumentos en los niveles de contaminación atmosférica por el uso de vehículos
	Nivel de ruido	Operación y mantenimiento	Aumentos en los niveles de contaminación auditiva por el uso de vehículos (ruido)
Paisaje	Cualidades estéticas	Operación y mantenimiento	Afectación al paisaje por la ubicación de las estructuras (percepción)

5.2. Caracterización de los impactos.

Partiendo de la identificación de las actividades del proyecto y sus interacciones con los factores ambientales, se determinaron las interacciones ambientales para posteriormente llevar a cabo la evaluación de cada uno de los aspectos ambientales y sus componentes en base a los criterios de evaluación que a continuación se detallaran más adelante.

5.2.1. Indicadores de impacto y cambio climático

Con base en el Diagnóstico Ambiental (Capítulo IV) y en la calidad de los componentes ambientales del área de estudio (SAR, AI y AP), se realizó un análisis multidisciplinario para la elección de los indicadores que cumplieran con la definición del indicador de impacto, el cual se define como "un elemento del medio ambiente afectado, o potencialmente afectado, por un agente de cambio" (Ramos, 1987), permiten evaluar la dimensión de las alteraciones por el establecimiento de un Proyecto y/o desarrollo de una actividad.

Para ser de utilidad los indicadores cumplieron con ciertos criterios como: representatividad, relevancia, excluyente, de fácil identificación y medibles, criterios que proporcionarán información que nos permitan establecer un comparativo de el antes y después de la ejecución del Proyecto.

Los indicadores ambientales de impacto están relacionados con componentes y factores ambientales susceptibles de ser afectados por la ejecución del Proyecto, considerando la información obtenida en campo y la información bibliográfica del Diagnóstico Ambiental (incluida en el Capítulo IV), se presentan a continuación tabla 11 los indicadores ambientales seleccionados.

Tabla V-11 Indicadores de impacto.

Factor	Componente	Indicadores
Geomorfología	Relieve	Modificación topoformas
Aire	Calidad (gases partículas)	Niveles CO_2, CO y partículas suspendidas
	Nivel de ruido	Decibeles
Hidrología superficial	Características fisicoquímicas	Contaminación por fugas accidentales "(cambios en pH)
	Patrón de drenaje (infiltración y escurrimiento)	Numero de escurrimientos alterados
Suelo	Contaminación química	ICA (PH. Acidez)

Factor	Componente	Indicadores
	Contaminación física	ICS (Dureza, estructuras)
	Erosión	Índice de erosión (ton/ha/año)
Biológicos "Flora"	Composición	Perdida de la estructura y composición de especies
	Cobertura vegetal	Superficie afectada
	Especies de interés económico	Número de especies potenciales
	Especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010	Número de especies potenciales
Biológicos "Fauna"	Abundancia y Distribución	Presencia y/o ausencia
	Modificación de hábitat (Temporal)	Superficie modificada temporalmente como hábitat
	Especies Comerciales	Número de especies potenciales
	Composición	Perdida de la composición de especies en el nicho
	Especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010	Número de especies potenciales
Estéticos	Paisaje (Medio perceptual)	Calidad estético-paisajística
Demográficos Economía	Uso del suelo	Número de empleos y derrama económica
	Vías de comunicación	
	Economía local	
	Economía regional	
	Servicios públicos	
	Densidad de población	
	Culturales/arqueológicas	

En este sentido se hizo en el capítulo dos un análisis del volumen de generación de emisiones de CO_2 que aportara el medio ambiente por la utilización de maquinaria y vehículos y que contribuyen al cambio climático.

Uso de indicadores para explicar nuestro clima cambiante a las instancias normativas y a la opinión pública

Pese a la gran complejidad que supone el cambio climático, la comunidad científica debe aceptar el reto de comunicar sus hallazgos a las instancias normativas y a la opinión pública, y además ha de llevarlo a cabo de un modo que resulte lo bastante sencillo como para que sea comprendido por quienes no son expertos en la materia, pero con el rigor suficiente como para no distorsionar la ciencia. El conocimiento del clima suele comunicarse a través de informes técnicos bien redactados, pero también es eficaz explicarlo por medio de gráficos, animaciones, presentaciones orales, narraciones cautivadoras, divulgadores de confianza, y libros y películas destinados al público de masas.

Un enfoque prometedor para transmitir la realidad del cambio climático consiste en desarrollar indicadores, es decir, números y escalas destinados a realizar el seguimiento del estado o nivel de algún aspecto del clima. La variación de la temperatura media mundial de la atmósfera inferior es uno de los indicadores más utilizados y constituye uno de los objetivos establecidos por el Acuerdo de París de 2015 sobre el cambio climático, que exige mantener un aumento de la temperatura mundial para este siglo muy por debajo de 2 °C por encima de los niveles preindustriales mientras se intenta limitar aún más el aumento de temperatura, hasta 1,5 °C.

El uso de indicadores presenta una serie de ventajas ya que estos están cuantificados, son objetivos, se basan en datos ofrecidos por prácticamente todos los países y demuestran cambios a lo largo del tiempo. Esta es la razón por la que la Agenda 2030, adoptada por las Naciones Unidas en 2015, busca la utilización de indicadores para seguir el progreso de los distintos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), incluido el ODS número 13 relativo a la lucha contra el cambio climático y sus efectos.

La mayoría de las personas son conscientes de que la temperatura, o más concretamente la temperatura media mundial de la atmósfera que descansa sobre la superficie terrestre, está aumentando, pero esto no es suficiente como indicador del cambio climático. La gente centra su atención en la atmósfera a nivel de la superficie porque es donde vive, y su temperatura, que se ha medido con fiabilidad durante 150 años, da forma a su vida cotidiana.

Pero más del 90% del exceso de calor atrapado por las emisiones antrópicas de gases de efecto invernadero (GEI) se almacena en el océano, con cantidades muchas menores absorbidas por la atmósfera, la criosfera y la superficie terrestre. Por tanto, la temperatura de la atmósfera no ofrece una visión completa del clima de la Tierra ni de las dimensiones totales del cambio climático, y en el peor de los casos puede contribuir a una falsa sensación de seguridad.

La lista breve de indicadores tiene en cuenta cinco criterios:

Relevancia: cada indicador principal debería ser un indicador claro y comprensible del cambio climático mundial, con una amplia relevancia para un rango de audiencias. Algunos de estos indicadores mundiales pueden tener valor también en los ámbitos nacional y regional.

Representatividad: el paquete de indicadores debería ofrecer una imagen representativa de los cambios en el sistema Tierra relacionados con el cambio climático.

Trazabilidad: cada indicador debería calcularse utilizando un método acordado (y publicado) internacionalmente y datos accesibles y verificables.

Puntualidad: cada indicador debería calcularse de forma regular (al menos una vez al año), con un breve retraso entre el final del período y la publicación de los datos.

Adecuación de los datos: los datos necesarios para el indicador han de ser suficientemente robustos, fiables y válidos.

Un reto fundamental a la hora de generar un conjunto de indicadores principales, que sean mutuamente compatibles y consistentes y que conformen un paquete verdaderamente coherente, es la necesidad de armonizar los períodos y valores de referencia. El Acuerdo de París utiliza la era preindustrial como período de referencia para la temperatura mundial, y de hecho esto ofrece una medida útil del impacto moderno de la humanidad en el sistema climático. En la actualidad la comunidad científica emplea varias definiciones diferentes para la "era preindustrial".

Se han propuesto varios períodos con respecto a las observaciones de temperatura, como el 1720-1800 (cuando comenzó realmente la industrialización) y el 1850-1900 o el 1880-1910 (basados en la disponibilidad de registros instrumentales). Los datos disponibles ponen de relieve que todos estos períodos ofrecen resultados que difieren en menos de 0,1 °C de uno a otro.

En el caso de los GEI, para los que los núcleos de hielo ofrecen datos fiables mucho antes del comienzo del período instrumental, el año 1750 suele utilizarse como final de la era preindustrial. Para otros indicadores, tales como la precipitación, no se dispone de datos de la era preindustrial. Tan solo el uso de un período de referencia basado en datos posteriores a 1980 permitiría el manejo consistente de conjuntos de datos provenientes de recuperaciones y reanálisis satelitales.

Indicadores de cambio climático

Teniendo en cuenta los criterios y las limitaciones anteriores se puede determinar rápidamente que algunos indicadores son fáciles de soportar con mediciones fiables y no son demasiado difíciles de comunicar. La temperatura constituye un buen ejemplo. Otros son mucho más difíciles. Incluso algo tan aparentemente básico para el clima como es la precipitación no puede reducirse fácilmente a un solo indicador mundial.

1. Temperatura media anual mundial en la superficie

Como se señaló anteriormente, el Acuerdo de París se conoce mejor por su énfasis en la necesidad de mantener la temperatura superficial mundial muy por debajo de los 2 °C por encima de los niveles preindustriales, si bien aún se requiere definir con mayor claridad la era preindustrial.

De los tres registros instrumentales de temperatura mundial que datan de esa época, el mantenido por el Centro Hadley/Oficina Meteorológica del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte se remonta a 1850. El mantenido por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) y la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA) en los Estados Unidos de América se remonta hasta 1880 aproximadamente. El Servicio Meteorológico del Japón mantiene un conjunto de datos de temperatura mundial que se remonta a 1891. El Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo (CEPMMP) y la iniciativa Copernicus proporcionan reanálisis de estos conjuntos de datos.

2. Contenido calorífico de los océanos

Más del 90% de la energía adicional capturada por el cambio climático producido por el ser humano se almacena en los océanos. El resto calienta la tierra y funde el hielo, con tan solo entre un 1 y un 2% calentando la atmósfera. Así pues, el aumento del calor en los océanos es un buen indicador del calentamiento del sistema Tierra en su conjunto.

Las mediciones mundiales de la red internacional de boyas Argo permiten reconstruir una serie temporal del contenido calorífico en los 2 000 metros (m) superiores del océano desde 1970 en adelante. Los productos reconstruidos por rejillas correspondientes al contenido calorífico del océano están disponibles en la Organización de Investigaciones Científicas e Industriales de la Commonwealth (CSIRO) de Australia, en la NOAA y en otros organismos. Debería explorarse la posibilidad de expresar estos datos como una temperatura promedio.

Un indicador secundario podría ser el contenido de calor únicamente en los primeros 700 m, ya que facilitaría la disponibilidad de una serie temporal más larga.

3. Concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono

Debido a que el nivel de GEI en la atmósfera influye en la cantidad de energía atrapada en el sistema Tierra, las concentraciones atmosféricas proporcionan un indicador útil del cambio climático. En la actualidad, el programa de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la OMM reúne datos de todo el mundo de las concentraciones de los principales GEI y publica un informe anual con un retardo de diez meses.

Tradicionalmente, la CMNUCC ha utilizado un indicador de concentraciones que combina en una única cesta todos los GEI: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, HCFC, etc. Cada gas se traduce en un equivalente de CO2 para generar un solo número mediante los potenciales de calentamiento mundial (PCM) con un horizonte temporal de 100 años. Sin embargo, en la actualidad algunas Partes de la Convención han cuestionado la utilización de los PCM debido a las distintas escalas temporales que presentan los impactos de los diferentes gases: el metano tiene un efecto inmediato grande que disminuye en décadas mientras que el CO2 tendrá impactos durante siglos.

Puesto que hoy en día el dióxido de carbono es el gas invernadero más importante emitido directamente por la actividad humana y representa el objetivo de numerosos esfuerzos de reducción de emisiones, los expertos creen que puede ser más transparente centrarse en las tendencias anuales de las concentraciones atmosféricas del CO2 como indicador. Como indicadores secundarios podrían incluirse las concentraciones de metano y de óxido nitroso.

Las emisiones de GEI aumentan las concentraciones mientras que los sumideros las reducen al eliminar los gases de la atmósfera y almacenarlos en el océano, la biosfera o la geosfera. Para comprender mejor los cambios que tienen lugar en las concentraciones, en las fuentes y en los sumideros, la OMM trabaja con sus asociados para explorar la forma en que los instrumentos de vigilancia atmosférica pueden medir las concentraciones y los sumideros y fuentes locales de CO2 a través del Sistema Mundial Integrado de Información sobre los Gases de Efecto Invernadero.

4. Nivel medio mundial del mar

Como se describió anteriormente, el océano juega un papel vital en la configuración de nuestro clima al almacenar inmensas cantidades de calor y moverlo por todo el planeta. La forma en que el cambio climático influye en el océano tiene también una

gran importancia para la humanidad. Entre los impactos climáticos hay que incluir el calentamiento de las aguas y la acidificación, que afectan a las poblaciones de peces y a otra biodiversidad, y el aumento del nivel del mar con sus implicaciones para las ciudades y comunidades costeras.

La organización CSIRO, el Grupo de investigación sobre el nivel del mar de la Universidad de Colorado y otros organismos evalúan de forma rutinaria el aumento del nivel del mar. Los análisis anuales del nivel del mar pueden demorarse unos meses antes de su publicación. Gracias a las observaciones mejoradas de los satélites y de la red Argo de flotadores oceánicos perfiladores la comunidad científica puede estimar las diversas fuentes que contribuyen a los cambios mundiales en el nivel del mar: fusión del hielo, dilatación térmica del agua oceánica y cambios en el almacenamiento de agua en la superficie terrestre.

5. Cambio en la extensión o en la masa de la criosfera

La criosfera terrestre comprende la precipitación sólida, la capa de nieve, el hielo marino, el hielo de lagos y ríos, los glaciares, los casquetes glaciales, la capa de hielo, el permafrost y el suelo que se congela estacionalmente. La criosfera proporciona algunos de los indicadores más útiles del cambio climático, aunque se trata de uno de los dominios menos muestreados del sistema Tierra. Entre los datos y análisis de la criosfera que se producen con mayor facilidad se encuentran la extensión del hielo marino en los océanos Ártico y Antártico (actualizada diaria y mensualmente por el Centro Nacional de Datos sobre Nieve y Hielos, con sede en los Estados Unidos de América), la capa de nieve en el hemisferio norte (Laboratorio nival de la Universidad de Rutgers) y el análisis de glaciares de montaña (Servicio de vigilancia mundial de los glaciares, con sede en Suiza). Las mediciones de la capa de nieve en el hemisferio sur no son tan fiables.

El Instituto Meteorológico Danés difunde el análisis de los cambios en la capa de hielo de Groenlandia, pero el registro es breve.

Es posible que no pueda elegirse un único indicador para la criosfera. El hielo en el Ártico y en la Antártida debería informarse como números separados en la medida que el hielo de esas regiones polares se comporta de manera muy diferente. Sobre tierra, el comportamiento de la criosfera implica complejas interacciones a nivel regional y local lo que hace que sea muy difícil desarrollar indicadores que representen con coherencia los impactos mundiales del clima en la criosfera.

Hoy en día el mejor enfoque puede ser adoptar un indicador para la criosfera dividido en tres partes: extensión del hielo marino ártico, extensión del hielo marino antártico y capa de nieve en el hemisferio norte. El análisis de estos diversos aspectos ayudaría a atraer la atención de las instancias normativas hacia las partes más sensibles de la criosfera. Se necesitarían indicadores que sean sencillos y fáciles de comprender, así como explicaciones científicas acerca de dónde el conocimiento científico aún no es lo bastante sólido.

6. Precipitación mundial

El Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones de la OMM, operado por el Servicio Meteorológico de Alemania, proporciona la información más completa disponible ya que utiliza los datos recopilados a través de los sistemas y canales de la OMM. En la actualidad los análisis de precipitación se ofrecen con una periodicidad mensual tras superar un control de calidad. La información sobre la distribución geográfica de los extremos de precipitación a escalas estacional, anual y plurianual puede ofrecer una buena percepción de los cambios en los patrones y en la naturaleza (sólida o líquida) de la precipitación mundial, de los cambios en la distribución geográfica, de las tendencias en la sequía y en los temporales de lluvias intensas, y de la influencia de otras características variables del sistema climático, como es el caso de monzones, El Niño-Oscilación del Sur, dipolos, etc. Estas ideas pueden utilizarse para informar decisiones sobre adaptación.

Sin embargo, por sí solo la anomalía de la precipitación mundial no sería un buen indicador climático. Las proyecciones climáticas sugieren una intensificación del ciclo hidrológico mundial pero las incertidumbres y la variabilidad a escala local son grandes de modo que resulta poco probable que se proporcione una señal clara. [1]

Consumo de combustibles fósiles.

En las diferentes etapas que comprende el proyecto de la obra, no se utilizarán para la realización de las actividades la energía eléctrica, ya que la mayoría de los trabajos se llevarán

[1] Por lo tanto y en base a los criterios antes señalados a continuación, se indican un estimado del consumo de combustibles fósiles para el proceso de construcción y el cual es indicador más relacionado con el cambio climático y asociado al proyecto.

a cabo durante el día utilizando la luz natural y la maquinaria y equipo utilizado funcionan por medio de sistema de combustión interna y manual.

En lo que respecta al combustible utilizado en las actividades que comprende el proyecto tenemos los siguientes:

Gasolina: Este tipo de combustible es el que más se utiliza para realizar las diferentes actividades que comprende cada etapa del proyecto.

Diésel se trata de un hidrocarburo líquido que está compuesto por parafinas. Sus principales usos son, como combustible para calentar los hogares, y también, en el sector de la automoción se emplea en los motores diésel.

En la etapa previa a la construcción de la obra, este tipo de combustible es muy necesario para el funcionamiento de vehículos ya que transportará al personal que se encuentra encargado para realizar las diferentes visitas de campo donde se pretende realizar los proyectos. Así mismo, para revolvedoras y motosierras, en menor cantidad se usa el Diésel, ya que solo se utiliza para el funcionamiento de la devanadora entre otros.

5.2.2. Generación de gases de efecto invernadero

Las emisiones de gases de efecto invernadero que se emitirán durante las etapas del Proyecto (preparación del sitio, construcción, puesta en servicio, operación y desmantelamiento y abandono del sitio), serán producidas fundamentalmente por el uso y operación de maquinaria y equipo que se empleará en las diferentes etapas (preparación del sitio, construcción, puesta en servicio y desmantelamiento y abandono del sitio) casi todos ellos utilizando motores de combustión, usando principalmente diésel como combustible y en el caso de la etapa de operación el uso del combustible es Diésel y las emisiones serán emitidas por los motores de combustión Interna.

Con la finalidad de mantener un nivel de emisiones dentro de los límites máximos permisibles en vehículos, estos se someterán, al igual que la maquinaria, a un programa de mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

Gases Efecto Invernadero (Preparación del sitio y Construcción).

Se presenta los gases de efecto invernadero (CO_{2e} dióxido de carbono equivalente, N_2O óxido de nitrógeno y CH_4 metano) identificados para las etapas de preparación del sitio y construcción. Estas serán emitidas básicamente durante la operación de vehículos,

maquinaria y equipo que utilizan diésel y gasolina como combustible para su funcionamiento.

En las Tabla V.12 y 13 se señala la generación de Co^2 por el uso de maquinaria y vehículo durante la construcción del proyecto.

Tabla V-12 Gases de efecto invernadero asociados al proyecto Prep sitio

Equipo	Cantidad	Tiempo empleado en la obra (días)	Horas de trabajo (h/día)	Combustible	Consumo Combustible l/día	Emisiones tCO2e / año	Emisiones tCO2 /año	Emisiones tCH4/año	Emisiones tN_2O/año
Excavadora 320	3	240	3	Diésel	54	577.06	568.29	0.03	0.03
Criba de agregados	3	240	3	Diésel	90				
Camión con grúa 3T	4	240	4	Diésel	88				
Camión de volteo	4	240	5	Diésel	58				
Dozer	4	240	4	Diésel	98.8				
Bomba de Concreto	6	240	4	Diésel	80				
Compactador vibratorio	4	240	5	Diésel	10				
Rippler	3	240	4	Diésel	40				
Vehículos	20	240	4	Gasolina	32				
Total, de Combustible (L/día)					550.8				

Tabla V-13 Gases de efecto invernadero, etapas de Construcción.

Equipo	Cantidad	Tiempo empleado en la obra (días)	Horas de trabajo (h/día)	Combustible	Consumo Combustible l/día	Emisiones tCO2e / año	Emisiones tCO2 /año	Emisiones tCH4/año	Emisiones tN_2O/año
Moto conformadoras	3	240	3	Diésel	45	1,772.66	1745.74	0.09	0.09
Vibrocompactadores rodillo liso	3	240	4	Diésel	12				
Excavadora 320	2	365	4	Diésel	72				
Retroexcavadora	4	720	3	Diésel	45				

Equipo	Cantidad	Tiempo empleado en la obra (días)	Horas de trabajo (h/día)	Combustible	Consumo Combustible l/día	Emisiones tCO2e / año	Emisiones tCO2 /año	Emisiones tCH4/año	Emisiones tN_2O/año
Pipa de agua	3	900	4	Diésel	44				
Cargador frontal	2	300	4	Diésel	100				
Camión abastecedor de combustible	1	900	4	Diésel	120				
Grúas titán 15 toneladas	2	690	3	Diésel	18				
Compactadores manuales	3	210	4	Diésel	6				
Tractor D8	3	210	4	Diésel	60				
Camión volteo 7m3	6	210	5	Diésel	58				
Grúa de 350 toneladas	2	690	4	Diésel	200				
Grúa de 200 toneladas	1	690	4	Diésel	160				
Grúa de 160 toneladas	2	690	4	Diésel	140				
Grúa de 80 toneladas	2	690	4	Diésel	140				
Grúa de 70 toneladas	2	690	4	Diésel	140				
Tráiler con plataforma	2	690	3	Diésel	90				
Planta dosificadora (de la planta para concreto)	3	690	4	Diésel	12				
Camiones con ollas revolvedoras	5	210	6	Diésel	6				
Bomba para concreto	2	210	4	Diésel	4				
Hiab	2	210	4	Diésel	120				
Titán	1	210	4	Diésel	68				
Vehículos	30	900	4	Gasolina	32				
Total, de Combustible (L/día)					1692				

Gases Efecto Invernadero (Etapa de operación)

No se considera la generación de gases de efecto invernadero al ser un proyecto de generación eléctrica por el uso de paneles solares.

5.3. Valoración de los impactos.

Una vez identificados y descritos los impactos ambientales, se procede a la evaluación de estos por medio de la metodología de Bojórquez - Tapia *et al.* (1998), que considera siete criterios de valoración los cuales son combinados en dos índices: el Índice básico y el Índice complementario

5.3.1. Criterios

Los parámetros básicos considerados fueron: dimensión, desarrollo o extensión, permanencia, certidumbre y reversibilidad. Los parámetros complementarios utilizados son: sinergia, acumulación, controversia y viabilidad y eficiencia de las medidas de mitigación adoptadas.

Este índice se obtiene utilizando los parámetros básicos (dimensión, extensión, permanencia, certidumbre y reversibilidad), mediante la siguiente ecuación:

$$IB_{ij} = \frac{1}{15}\left(D_{ij} + E_{ij} + P_{ij} + C_{ij} + R_{ij}\right)$$

En donde:

Dij = Dimensión del impacto

Eij = Extensión del impacto

Pij = Permanencia del impacto

Cij = Certidumbre del impacto

Rij = Reversibilidad del impacto

Tales parámetros se definen de la siguiente manera y los criterios de valoración se presentan en las Tablas V.14 a 16.

- **Dimensión (D):** El cual se refiere al grado de afectación de un impacto concreto sobre un determinado componente. Esta magnitud se suele expresar cualitativamente, aunque puede intentar cuantificarse.
- **Desarrollo o extensión (E):** Considera la superficie afectada por un determinado impacto. Este criterio puede ser muy difícil de cuantificar, sin embargo, cuando su consideración es viable, es recomendable incluirlo ya que su definición es de gran ayuda en la valoración de los impactos al ambiente.
- **Permanencia (P):** Este criterio hace referencia a la escala temporal en que actúa un determinado impacto.
- **Certidumbre (C):** Este criterio se refiere a la probabilidad de que se produzca el impacto bajo análisis. Es común clasificarlo cualitativamente como cierto, probable, improbable y desconocido.
- **Reversibilidad (R):** Bajo este criterio se considera la posibilidad de que, una vez producido el impacto, el sistema afectado pueda volver a su estado inicial.
- **Sinergia (acción conjunta de dos o más impactos) (S):** El significado de la aplicación de este criterio considera la acción conjunta de dos o más impactos, bajo la premisa de que el impacto total es superior a la suma de los dos impactos parciales.
- **Acumulación (aportación) (A):** Este criterio se enfoca a la medición del incremento del efecto en el ambiente ocasionado por un impacto determinado, derivado de la interacción con impactos de la misma naturaleza que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
- **Controversia (Co):** Referentes a la existencia de posibles conflictos por el manifiesto interés de un sector de la sociedad por algunos de los elementos o componentes del entorno. Este interés se puede reflejar en normativa aplicable al componente, a la manifestación expresa de la preocupación por su cuidado o conservación o por el aprovechamiento del recurso.
- **Viabilidad de adoptar medidas de mitigación (M):** Desde este criterio se resume la probabilidad de que un determinado impacto se pueda minimizar con la aplicación de medidas de mitigación. Es muy importante que esa posibilidad pueda acotarse numéricamente para señalar el grado de que ello pueda ocurrir.

Tabla V-14 Escala para la Determinación de los Criterios Básicos.

Criterios	Escala		
	1	**2**	**3**
Dimensión	*Puntual,* afectación directa en el sitio donde se ejecuta la acción, dentro de la franja del proyecto.	*Local,* si el efecto ocurre dentro la franja del proyecto a 1 km de separación del proyecto	*Regional,* el efecto se manifiesta a más de 1 km de la franja del proyecto.
Desarrollo o Extensión	*Mínima,* si los valores de la afectación son menores al 50% del límite permisible por la normativa aplicable, o si las existencias afectadas son menores al 24% del total disponible en el área de estudio.	*Moderada,* cuando la afectación alcanza valores equivalentes entre el 50% y 100%, respecto al límite permisible, o si son afectadas entre 25-49% de las existencias.	*Alta,* cuando la afectación rebasa los valores permisibles indicados en la normatividad aplicable, más del 100%, o si la afectación es superior a 50% de las existencias de la región.
Permanencia	*Corta,* cuando la actividad dura menos de 1 mes.	*Mediana,* la actividad dura entre 1 mes y 1 año.	*Larga,* la actividad dura más de 1 año.
Certidumbre	*Poco probable,* la probabilidad de ocurrencia de determinada afectación puede ocurrir bajo condiciones extraordinarias o imprevistas.	*Probable,* cuando la actividad implica riesgos potenciales, aunque el efecto podría variar dependiendo de las condiciones del proyecto o del ambiente.	*Muy probable,* la probabilidad de ocurrencia del impacto es casi segura, determinada por la experiencia en otros proyectos del mismo giro.
Reversibilidad	*A corto plazo,* el impacto puede ser revertido por las actuales condiciones del sistema en un período de tiempo relativamente corto, menos de un año.	*A mediano plazo,* el impacto puede ser revertido por las condiciones naturales del sistema, pero el efecto permanece de 1 a 2 años.	*A largo plazo,* el impacto podrá ser revertido naturalmente en un periodo mayor a dos años.

Tabla V-15 Escala para la determinación de los Criterios Complementarios.

Criterios	Escala	
	1	**0**
Sinergia	*Existe:* Cuando se presentan interacciones entre los impactos	No existe.
Acumulación	*Existe*: Cuando se presentan efectos aditivos al impacto.	No existe.

Criterios	Escala	
	1	0
Controversia	*Existe*: Cuando el criterio está regulado por la normatividad ambiental, o la manifestación expresa por el cuidado o conservación de los recursos.	No existe.

Tabla V-16 Escala para la determinación de los Criterios Complementarios.

Criterios	Escala		
	1	2	3
Viabilidad de adoptar medidas de mitigación	*Baja,* si la medida aminora la afectación hasta en un 25%.	*Mediana,* si la medida aminora la afectación en un 26 a 74%.	*Alta,* si la medida de mitigación aminora la afectación en un 75% o más.

El origen de la escala de valoración es 0.33, debido a que es el valor más bajo que se puede obtener para este índice, por lo que:

$0.33 \leq IB \leq 1$

Índice complementario.

Para el cálculo de este índice se utilizan tres de los parámetros complementarios (sinergia, acumulación y controversia) mediante la siguiente fórmula:

$$IC_{ij} = \frac{1}{3}(S_{ij} + A_{ij} + C0_{ij})$$

5.3.2. Metodología de evaluación

Como parte de la Etapas 4 y 5, para evaluar la significancia del impacto ambiental de cada interacción identificada en la tabla 2, 3 y 4 se elaboraron los análisis y calificación de estas en las tablas 15,16 y 17 en donde se establecen las calificaciones obtenidas para cada

interacción, aplicando los índices básicos, complementarios, de impacto y de significancia de impactos.

Índice básico.

Este índice se obtiene utilizando los parámetros básicos (dimensión, extensión, permanencia, certidumbre y reversibilidad), mediante la siguiente ecuación:

$$IB_{ij} = \frac{1}{15}\left(D_{ij} + E_{ij} + P_{ij} + C_{ij} + R_{ij}\right)$$

En donde:

Dij = Dimensión del impacto

Eij = Extensión del impacto

Pij = Permanencia del impacto

Cij = Certidumbre del impacto

Rij = Reversibilidad del impacto

El origen de la escala de valoración es 0.33, debido a que es el valor más bajo que se puede obtener para este índice, por lo que:

$0{,}33 \leq IB \leq 1$

Índice complementario.

Para el cálculo de este índice se utilizan tres de los parámetros complementarios (sinergia, acumulación y controversia) mediante la siguiente fórmula:

$$IC_{ij} = \frac{1}{3}(S_{ij} + A_{ij} + C0_{ij})$$

En donde:

Sij = Sinergia

Aij = Acumulación

Coij = Controversia

En este índice el origen de la escala es de 0, debido a que es el valor más bajo posible de obtener, por lo que sus valores pueden ubicarse en el siguiente rango:

$0 \leq IC \leq 1$

Índice de impacto.

El índice de impacto está dado por la combinación de los parámetros básicos y complementarios

Cuando existe alguno de los parámetros complementarios (sinergia, acumulación y controversia), el valor del índice básico se incrementa; el índice de impacto se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$II_{ij} = IB_{ij}^{(1-IC_{ij})}$$

Donde:

IBij = Índice Básico

ICij = Índice Complementario

Significancia de impacto.

Una vez obtenidos los indicadores IB, IC e II (básico, complementario y de impacto respectivamente) se procede a calcular la significancia del impacto, tomando en consideración la existencia y, en su caso, eficiencia esperada de las medidas de Mitigación (Mij).

Medidas de mitigación (Mij).

Donde:

IIij = Índice de impacto

Mij = Viabilidad y eficiencia de las medidas de mitigación

Los valores de la Significancia del Impacto (Sij) que se obtienen se clasifican de acuerdo con los siguientes rangos:

Significancia	Valor	Color
BAJO	≤ 0.24	
MODERADO	≥ 0.25 ≤0.49	
ALTO	≥ 0.50 y ≤ 0.74	
MUY ALTO	> 0.74	

Cálculo de índices. Se calcularon los índices de acuerdo con la metodología sugerida (índice básico, índice complementario, índice de intensidad de impacto e índice de significancia), así como el rango de valores para la clasificación del Índice de Significancia.

5.3.3. Criterios, Resultados de impactos ambientales

A partir de las calificaciones obtenidas, se generó la matriz de evaluación de impactos ambientales en la que se señala la significancia de cada impacto, (tabla 17 a 20).

De acuerdo con los resultados de la aplicación de la metodología seleccionada se presentan los resultados por etapa del proyecto.

Tabla V-17 Significancia de los impactos en la etapa de Preparación del sitio

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN PREPARACIÓN DEL SITIO																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1 - ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Físicos	Geomorfología	Relieve	Delimitación y señalización	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Geomorfología	Relieve	Desmonte y despalmes	1	2	2	3	3	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Geomorfología	Relieve	Trazo	1	2	2	3	3	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Geomorfología	Relieve	Cortes	1	2	2	3	3	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Geomorfología	Relieve	Terraplenes	1	2	2	3	3	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Geomorfología	Relieve	Excavaciones	1	2	2	3	3	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Geomorfología	Relieve	Relleno	1	2	2	3	3	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Suelo	Características físicas	Desmonte y despalmes	1	2	2	3	3	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Suelo	Características físicas	Cortes	1	2	2	3	3	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Suelo	Características físicas	Terraplenes	1	2	2	3	3	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN PREPARACIÓN DEL SITIO																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1 - ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Físicos	Suelo	Características físicas	Excavaciones	1	2	2	3	3	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Suelo	Características físicas	Relleno	1	2	2	3	3	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Suelo	Características químicas	Desmonte y despalmes	1	2	2	3	3	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Suelo	Características químicas	Cortes	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Terraplenes	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Excavaciones	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Relleno	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Físicos	Suelo	Procesos erosivos	Desmonte y despalmes	3	3	3	3	3	1.00	0	0	0	0.00	1.00	1.00	3	0.00	Bajo
Físicos	Suelo	Procesos erosivos	Cortes	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN PREPARACIÓN DEL SITIO																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1 - ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Físicos	Suelo	Procesos erosivos	Excavaciones	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	1	0.67	Alto
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Delimitación y señalización	1	2	2	3	3	0.73	1	0	1	0.67	0.33	0.90	3	0.00	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Desmonte y despalmes	1	2	2	3	3	0.73	1	0	1	0.67	0.33	0.90	3	0.00	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Trazo	1	2	2	3	3	0.73	1	0	1	0.67	0.33	0.90	3	0.00	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Cortes	1	2	2	3	3	0.73	1	0	1	0.67	0.33	0.90	3	0.00	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Terraplenes	1	2	2	3	3	0.73	1	0	1	0.67	0.33	0.90	3	0.00	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Excavaciones	1	2	2	3	3	0.73	1	0	1	0.67	0.33	0.90	3	0.00	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Relleno	1	2	2	3	3	0.73	1	0	1	0.67	0.33	0.90	3	0.00	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Delimitación y señalización	1	2	2	3	3	0.73	1	0	1	0.67	0.33	0.90	3	0.00	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Desmonte y despalmes	1	2	2	3	3	0.73	1	0	1	0.67	0.33	0.90	3	0.00	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Trazo	1	2	2	3	3	0.73	1	0	1	0.67	0.33	0.90	3	0.00	Bajo

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN PREPARACIÓN DEL SITIO																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1 - ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Cortes	1	2	2	3	3	0.73	1	0	1	0.67	0.33	0.90	3	0.00	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Terraplenes	1	2	2	3	3	0.73	1	0	1	0.67	0.33	0.90	3	0.00	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Excavaciones	1	2	2	3	3	0.73	1	0	1	0.67	0.33	0.90	3	0.00	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Relleno	1	2	2	3	3	0.73	1	0	1	0.67	0.33	0.90	3	0.00	Bajo
Físicos	Hidrología superficial	Características fisicoquímicas	Desmonte y despalmes	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Hidrología superficial	Características fisicoquímicas	Cortes	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Hidrología superficial	Características fisicoquímicas	Terraplenes	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Hidrología superficial	Características fisicoquímicas	Excavaciones	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Hidrología superficial	Características fisicoquímicas	Relleno	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Hidrología superficial	patrón de drenaje	Desmonte y despalmes	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Hidrología superficial	patrón de drenaje	Cortes	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN PREPARACIÓN DEL SITIO																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1 - ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Físicos	Hidrología superficial	patrón de drenaje	Terraplenes	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Hidrología superficial	patrón de drenaje	Excavaciones	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Hidrología superficial	patrón de drenaje	Relleno	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Hidrología superficial	Uso actual	Desmonte y despalmes	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Hidrología superficial	Uso actual	Cortes	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Hidrología superficial	Uso actual	Terraplenes	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Hidrología superficial	Uso actual	Excavaciones	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Físicos	Hidrología superficial	Uso actual	Relleno	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Biológicos	Vegetación	Cobertura	Desmonte y despalmes	1	2	2	3	3	0.73	1	0	1	0.67	0.33	0.90	2	0.30	Moderado

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN PREPARACIÓN DEL SITIO																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c´)**	**Índice complementario (ic)**	**1 - ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Biológicos	Vegetación	Composición	Desmonte y despalmes	1	2	2	3	3	0.73	1	0	1	0.67	0.33	0.90	2	0.30	Moderado
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución	Desmonte y despalmes	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución	Cortes	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución	Excavaciones	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Biológicos	Fauna	Composición	Desmonte y despalmes	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Biológicos	Fauna	Composición	Cortes	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Biológicos	Fauna	Composición	Excavaciones	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Biológicos	Fauna	Modificación del hábitat	Desmonte y despalmes	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Biológicos	Fauna	Modificación del hábitat	Cortes	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Biológicos	Fauna	Modificación del hábitat	Excavaciones	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN PREPARACIÓN DEL SITIO																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1 - ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Biológicos	Fauna	Especies en estatus	Desmonte y despalmes	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Biológicos	Fauna	Especies en estatus	Cortes	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Biológicos	Fauna	Especies en estatus	Excavaciones	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Biológicos	Fauna	Especies comerciales	Desmonte y despalmes	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Biológicos	Fauna	Especies comerciales	Cortes	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Biológicos	Fauna	Especies comerciales	Excavaciones	1	2	2	2	2	0.60	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas	Desmonte y despalmes	2	2	2	3	2	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas	Cortes	2	2	2	3	2	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas	Excavaciones	2	2	2	3	2	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN PREPARACIÓN DEL SITIO																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c´)**	**Índice complementario (ic)**	**1 - ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Demográficos	Sociales y económicos	Uso del suelo	Desmonte y despalmes	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Culturales y arqueológicos	Desmonte y despalmes	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo
Demográficos	Sociales y económicos	Culturales y arqueológicos	Excavaciones	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo

Tabla V-18 Significancia de los impactos en la etapa de Construcción

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN CONSTRUCCIÓN																	
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1- ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Físicos	Suelo	Características físicas	Excavaciones y relleno con material compactado	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características físicas	Excavaciones y relleno con material compactado	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características físicas	Colado de plantilla	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características físicas	Colocación de acero de refuerzo y cimbra.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características físicas	Colado de cimentaciones de estructuras soporte de	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN CONSTRUCCIÓN																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1- ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
			módulos fotovoltaicos															
Físicos	Suelo	Características físicas	Cerco perimetral	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características físicas	Montaje de soportes y estructuras para los módulos fotovoltaicos (bastidores).	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características físicas	Montaje de módulos fotovoltaicos	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características físicas	Almacenes, bodegas y talleres	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características físicas	Centros de interconexión	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	3	0.00	Bajo

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN CONSTRUCCIÓN																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1- ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Físicos	Suelo	Características físicas	Ductos eléctricos y sistema de tierras.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características físicas	Campamentos, dormitorios, oficinas y comedores.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características físicas	Instalaciones hidrosanitarias.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Excavaciones y relleno con material compactado	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Excavaciones y relleno con material compactado	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Colado de plantilla	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN CONSTRUCCIÓN																	
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1- ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Físicos	Suelo	Características químicas	Colocación de acero de refuerzo y cimbra.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Colado de cimentaciones de estructuras soporte de módulos fotovoltaicos	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Cerco perimetral	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Montaje de soportes y estructuras para los módulos fotovoltaicos (bastidores).	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Montaje de módulos fotovoltaicos	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN CONSTRUCCIÓN																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1- ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Físicos	Suelo	Características químicas	Almacenes, bodegas y talleres	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Centros de interconexión	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Ductos eléctricos y sistema de tierras.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Campamentos, dormitorios, oficinas y comedores.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Instalaciones hidrosanitarias.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Suelo	Procesos erosivos	Excavaciones y relleno con material compactado	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN CONSTRUCCIÓN																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1- ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Obras de protección y captación	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Excavaciones y relleno con material compactado	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Excavaciones y relleno con material compactado	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Colado de plantilla	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Colocación de acero de refuerzo y cimbra.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Colado de cimentaciones de estructuras soporte de	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN CONSTRUCCIÓN																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1- ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
			módulos fotovoltaicos															
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Cerco perimetral	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Montaje de soportes y estructuras para los módulos fotovoltaicos (bastidores).	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Montaje de módulos fotovoltaicos	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Almacenes, bodegas y talleres	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Centros de interconexión	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN CONSTRUCCIÓN																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1- ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Ductos eléctricos y sistema de tierras.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Campamentos, dormitorios, oficinas y comedores.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Instalaciones hidrosanitarias.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	0	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Excavaciones y relleno con material compactado	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Excavaciones y relleno con material compactado	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN CONSTRUCCIÓN																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1- ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Colado de plantilla	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Colocación de acero de refuerzo y cimbra.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Colado de cimentaciones de estructuras soporte de módulos fotovoltaicos	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Cerco perimetral	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Montaje de soportes y estructuras para los módulos fotovoltaicos (bastidores).	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN CONSTRUCCIÓN																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1- ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Montaje de módulos fotovoltaicos	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Almacenes, bodegas y talleres	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Centros de interconexión	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Ductos eléctricos y sistema de tierras.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Campamentos, dormitorios, oficinas y comedores.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Instalaciones hidrosanitarias.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución	Excavaciones y relleno con	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	3	0.00	Bajo

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN CONSTRUCCIÓN																	
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1- ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
			material compactado															
Biológicos	Fauna	Composición	Excavaciones y relleno con material compactado	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	3	0.00	Bajo
Biológicos	Fauna	Modificación del hábitat	Excavaciones y relleno con material compactado	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	3	0.00	Bajo
Biológicos	Fauna	Especies en estatus nom 059	Excavaciones y relleno con material compactado	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	3	0.00	Bajo
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas	Excavaciones y relleno con material compactado	2	2	2	3	2	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas	Cerco perimetral	2	2	2	3	2	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN CONSTRUCCIÓN																		
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1- ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas	Montaje de soportes y estructuras para los módulos fotovoltaicos (bastidores).	2	2	2	3	2	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas	Montaje de módulos fotovoltaicos	2	2	2	3	2	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas	Almacenes, bodegas y talleres	2	2	2	3	2	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas	Centros de interconexión	2	2	2	3	2	0.73	1	1	1	1.00	0.00	1.00	2	0.33	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Culturales arqueológicas	Excavaciones y relleno con material compactado	1	2	2	3	2	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	3	0.00	Bajo

Tabla V-19 Significancia de los impactos en la etapa de Operación

CALIFICACION DE IMPACTOS PARA PFV EN OPERACIÓN																	
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c´)**	**Índice complementario (ic)**	**1 - ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Físicos	Suelo	Características químicas	Operación	1	1	2	2	3	0.60	0	0	0	0.00	1.00	0.60	2	0.20	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Mantenimiento de equipos y panales	1	1	2	2	3	0.60	0	0	0	0.00	1.00	0.60	2	0.20	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Operación	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Mantenimiento de equipos y panales	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Operación	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Mantenimiento de equipos y panales	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución	Operación	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas	Operación	1	1	2	3	3	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	1	0.67	Alto
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas	Mantenimiento de equipos y panales	1	1	2	3	3	0.67	1	1	1	1.00	0.00	1.00	1	0.67	Alto

Tabla V-20 Significancia de los impactos en la etapa de Desmantelamiento

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN OPERACIÓN																	
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c´)**	**Índice complementario (ic)**	**1 - ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Físicos	Suelo	Características químicas	Retiro y disposición de módulos	1	1	2	2	3	0.60	0	0	0	0.00	1.00	0.60	2	0.20	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Retiro y disposición de equipo eléctrico	1	1	2	2	3	0.60	0	0	0	0.00	1.00	0.60	2	0.20	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Desarmado de estructuras fijas y de seguimiento	1	1	2	2	3	0.60	0	0	0	0.00	1.00	0.60	2	0.20	Bajo
Físicos	Suelo	Características químicas	Limpieza y acondicionamiento del predio.	1	1	2	2	3	0.60	0	0	0	0.00	1.00	0.60	2	0.20	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Retiro y disposición de módulos	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Retiro y disposición de equipo eléctrico	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN OPERACIÓN																	
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c´)**	**Índice complementario (ic)**	**1 - ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Desarmado de estructuras fijas y de seguimiento	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire	Limpieza y acondicionamiento del predio.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Retiro y disposición de módulos	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Retiro y disposición de equipo eléctrico	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Desarmado de estructuras fijas y de seguimiento	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	Limpieza y acondicionamiento del predio.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución	Retiro y disposición de módulos	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo

CALIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA PFV EN OPERACIÓN																	
Factores /componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Acciones relevantes/ actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c´)**	**Índice complementario (ic)**	**1 - ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**Grado**
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución	Retiro y disposición de equipo eléctrico	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución	Desarmado de estructuras fijas y de seguimiento	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución	Limpieza y acondicionamiento del predio.	1	1	2	3	3	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	2	0.22	Bajo

5.3.4. Caracterización de la significancia de los impactos

Como parte de la Etapa 6. Se lleva a cabo la Construcción de matrices de resultados (matriz de cribado). De los resultados obtenidos en función de los valores de significancia de los impactos generados, se presentan a continuación.

Tabla V-21 Matriz de cribado etapa de Preparación del Sitio

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO ETAPA PREPARACION DEL SITIO									
Factores / componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Delimitación y señalización**	**Desmonte y despalmes**	**Trazo**	**Cortes**	**Terraplenes**	**Excavaciones**	**Relleno**
Físicos	Geomorfología	Relieve (topoformas)	M	M	M	M	M	M	M
Físicos	Suelo	Características físicas		M		M	M	M	M
Físicos	Suelo	Características químicas		M		B	B	B	B
Físicos	Suelo	Procesos erosivos		B		B		B	
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire (gases, partículas)	B	B	B	B	B	B	B
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	B	B	B	B	B	B	B
Físicos	Hidrología superficial	Características físico / químicas		M		M	M	M	M
Físicos	Hidrología superficial	patrón de drenaje		M		M	M	M	M
Físicos	Hidrología superficial	Uso actual		M		M	M	M	M
Biológicos	Vegetación	Cobertura		M					
Biológicos	Vegetación	Composición		M					
Biológicos	Vegetación	Especies en estatus nom/059							
Biológicos	Vegetación	Especies comerciales							
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución		B		B		B	

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO ETAPA PREPARACION DEL SITIO									
Factores / componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Delimitación y señalización**	**Desmonte y despalmes**	**Trazo**	**Cortes**	**Terraplenes**	**Excavaciones**	**Relleno**
Biológicos	Fauna	Composición		B		B		B	
Biológicos	Fauna	Modificación de hábitat (temporal)		B		B		B	
Biológicos	Fauna	Especies en estatus nom/059		B		B		B	
Biológicos	Fauna	Especies comerciales		B		B		B	
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas		M		M		M	
Demográficos	Sociales y económicos	Uso del suelo		M					
Demográficos	Sociales y económicos	Vías de comunicación							
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local		+	+	+	+	+	+
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional		+	+	+	+	+	+
Demográficos	Sociales y económicos	Servicios públicos							
Demográficos	Sociales y económicos	Densidad de población							
Demográficos	Sociales y económicos	Culturales/arqueológicas		B				B	

Tabla V-22 Matriz de cribado etapa de Construcción

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO ETAPA DE CONSTRUCCION																
Factores / componentes	Elemento ambiental	Etapas / actividades / aspecto ambiental	Obras de protección y captación	Excavaciones y relleno con material compactado	Excavaciones y relleno con material compactado	Colado de plantilla	Colocación de acero de refuerzo y cimbra.	Colado de cimentaciones de estructuras soporte de módulos	Cerco perimetral	Montaje de soportes y estructuras para los módulos fotovoltaicos	Montaje de módulos fotovoltaicos	Almacenes, bodegas y talleres	Centros de interconexión	Ductos eléctricos y sistema de tierras.	Campamentos, dormitorios, oficinas y comedores.	Instalaciones hidrosanitarias.	Pruebas y puesta en servicio
Físicos	Geomorfología	Relieve (topoformas)															
Físicos	Suelo	Características físicas		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Físicos	Suelo	Características químicas		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Físicos	Suelo	Procesos erosivos			B												
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire (gases, partículas)	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Físicos	Hidrología superficial	Características físico / químicas															
Físicos	Hidrología superficial	patrón de drenaje															

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO ETAPA DE CONSTRUCCION																	
Factores / componentes	Elemento ambiental	Etapas / actividades / aspecto ambiental	Obras de protección y captación	Excavaciones y relleno con material compactado	Excavaciones y relleno con material compactado	Colado de plantilla	Colocación de acero de refuerzo y cimbra.	Colado de cimentaciones de estructuras soporte de módulos	Cerco perimetral	Montaje de soportes y estructuras para los módulos fotovoltaicos	Montaje de módulos fotovoltaicos	Almacenes, bodegas y talleres	Centros de interconexión	Ductos eléctricos y sistema de tierras.	Campamentos, dormitorios, oficinas y comedores.	Instalaciones hidrosanitarias.	Pruebas y puesta en servicio
Físicos	Hidrología superficial	Uso actual															
Biológicos	Vegetación	Cobertura															
Biológicos	Vegetación	Composición															
Biológicos	Vegetación	Especies en estatus nom/059															
Biológicos	Vegetación	Especies comerciales															
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución			56												
Biológicos	Fauna	Composición			57												
Biológicos	Fauna	Modificación de hábitat (temporal)			58												
Biológicos	Fauna	Especies en estatus nom/059			59												
Biológicos	Fauna	Especies comerciales															
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas			M				M	M	M	M	M				

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO ETAPA DE CONSTRUCCION																
Factores / componentes	Elemento ambiental	Etapas / actividades / aspecto ambiental	Obras de protección y captación	Excavaciones y relleno con material compactado	Excavaciones y relleno con material compactado	Colado de plantilla	Colocación de acero de refuerzo y cimbra.	Colado de cimentaciones de estructuras soporte de módulos	Cerco perimetral	Montaje de soportes y estructuras para los módulos fotovoltaicos	Montaje de módulos fotovoltaicos	Almacenes, bodegas y talleres	Centros de interconexión	Ductos eléctricos y sistema de tierras.	Campamentos, dormitorios, oficinas y comedores.	Instalaciones hidrosanitarias.	Pruebas y puesta en servicio
Demográficos	Sociales y económicos	Uso del suelo															
Demográficos	Sociales y económicos	Vías de comunicación															
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional															
Demográficos	Sociales y económicos	Servicios públicos															
Demográficos	Sociales y económicos	Densidad de población															
Demográficos	Sociales y económicos	Culturales/arqueológicas		B													

Tabla V-23 Matriz de cribado etapa de Operación

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				
Factores / componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Operación**	**Mantenimiento de equipos y panales**
Físicos	Geomorfología	Relieve (topoformas)		
Físicos	Suelo	Características físicas		
Físicos	Suelo	Características químicas	B	B
Físicos	Suelo	Procesos erosivos		
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire (gases, partículas)	B	B
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	B	B
Físicos	Atmosfera	Contaminación lumínica		
Físicos	Hidrología superficial	Características físico / químicas		
Físicos	Hidrología superficial	patrón de drenaje		
Físicos	Hidrología superficial	Uso actual		
Biológicos	Vegetación	Cobertura		
Biológicos	Vegetación	Composición		
Biológicos	Vegetación	Especies en estatus nom/059		
Biológicos	Vegetación	Especies comerciales		
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución	B	
Biológicos	Fauna	Composición		
Biológicos	Fauna	Modificación de hábitat (temporal)		
Biológicos	Fauna	Especies en estatus nom/059		
Biológicos	Fauna	Especies comerciales		
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas	A	A
Demográficos	Sociales y económicos	Uso del suelo		
Demográficos	Sociales y económicos	Vías de comunicación		
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	+	
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional	+	
Demográficos	Sociales y económicos	Servicios públicos	+	
Demográficos	Sociales y económicos	Densidad de población		

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				
Demográficos	Sociales y económicos	Culturales/arqueológicas		

Tabla V-24 Matriz de cribado etapa de desmantelamiento

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES DEL PROYECTO OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO						
Factores / componentes	**Elemento ambiental**	**Etapas / actividades / aspecto ambiental**	**Retiro y disposición de módulos**	**Retiro y disposición de equipo eléctrico**	**Desarmado de estructuras fijas y de seguimiento**	**Limpieza y acondicionamiento del predio.**
Físicos	Geomorfología	Relieve (topoformas)				
Físicos	Suelo	Características físicas				
Físicos	Suelo	Características químicas	B	B	B	B
Físicos	Suelo	Procesos erosivos				
Físicos	Atmosfera	Calidad del aire (gases, partículas)	B	B	B	B
Físicos	Atmosfera	Nivel de ruido	B	B	B	B
Físicos	Atmosfera	Contaminación lumínica				
Físicos	Hidrología superficial	Características físico / químicas				
Físicos	Hidrología superficial	patrón de drenaje				
Físicos	Hidrología superficial	Uso actual				
Biológicos	Vegetación	Cobertura				
Biológicos	Vegetación	Composición				
Biológicos	Vegetación	Especies en estatus nom/059				
Biológicos	Vegetación	Especies comerciales				
Biológicos	Fauna	Abundancia y distribución	B	B	B	B
Biológicos	Fauna	Composición				
Biológicos	Fauna	Modificación de hábitat (temporal)				
Biológicos	Fauna	Especies en estatus nom/059				
Biológicos	Fauna	Especies comerciales				
Estéticos	Paisaje	Cualidades estéticas				
Demográficos	Sociales y económicos	Uso del suelo				
Demográficos	Sociales y económicos	Vías de comunicación				

Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	+	+	+	+
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional	+	+	+	+
Demográficos	Sociales y económicos	Servicios públicos	+	+	+	+
Demográficos	Sociales y económicos	Densidad de población				

A continuación, se señalan el número de impactos por cada una de las obras y etapa del proyecto, Tablas 25 y 26; y en las Figuras V.11 y 12. Se muestra de manera gráfica el número de impactos antes mencionados.

Tabla V-25 Número de impactos por etapa del proyecto y grado de significancia

Impactos Ambientales por elemento ambiental en relación con la significancia					
Etapa	B	M	A	Muy Alto	Total
Preparación del sitio	37.00	34	1	0	72
Construcción	60.00	6	0	0	66
Operación	7.00	0	2	0	9
Desmantelamiento	16.00	0	0	0	16
Total	**104**	**40**	**3**	**0**	**163**

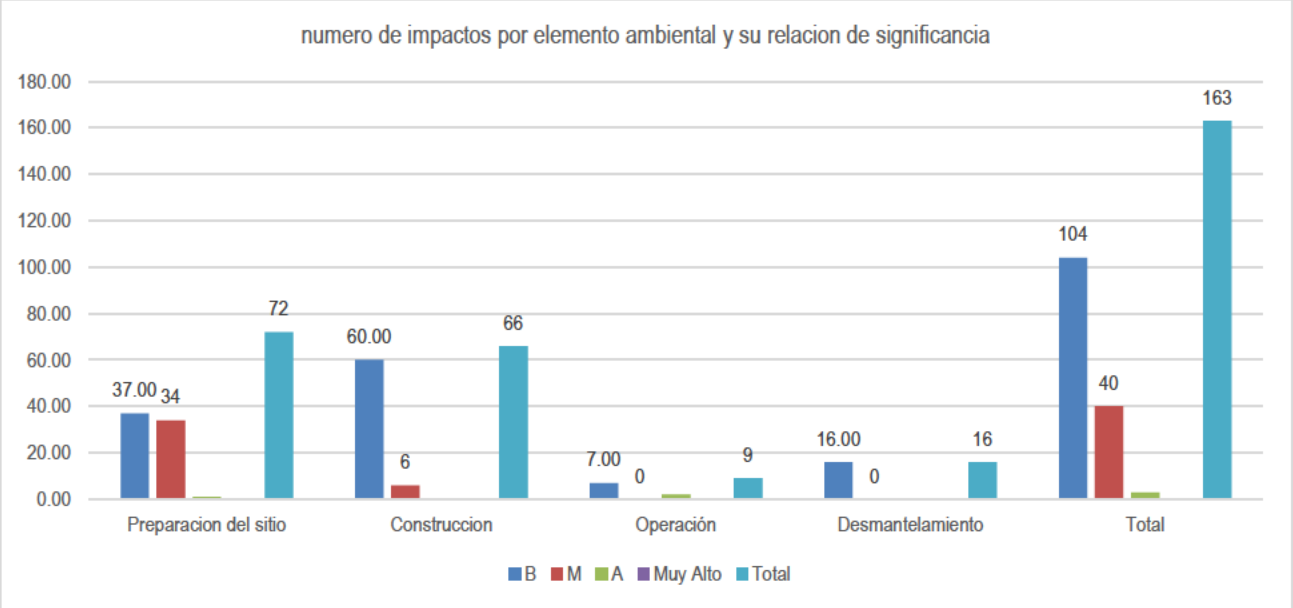


Figura V-11 Número de impactos por Etapa del proyecto y grado de significancia

Tabla V-26 Número de impactos por elemento ambiental y grado de significancia para el proyecto

Impactos Ambientales por elemento ambiental en relación con la significancia					
Elemento Ambiental	B	M	A	Muy Alto	Total
Geomorfología	0	7	0	0	7
Suelo	39	6	1	0	46
Atmósfera	54	0	0	0	54
Hidrología superficial	0	15	0	0	15
Vegetación	0	2	0	0	2
Fauna	24	0	0	0	24
Paisaje	0	9	2	0	11
Sociales y económicos	3	1	0	0	4
Total	**120**	**40**	**3**	**0**	**163**

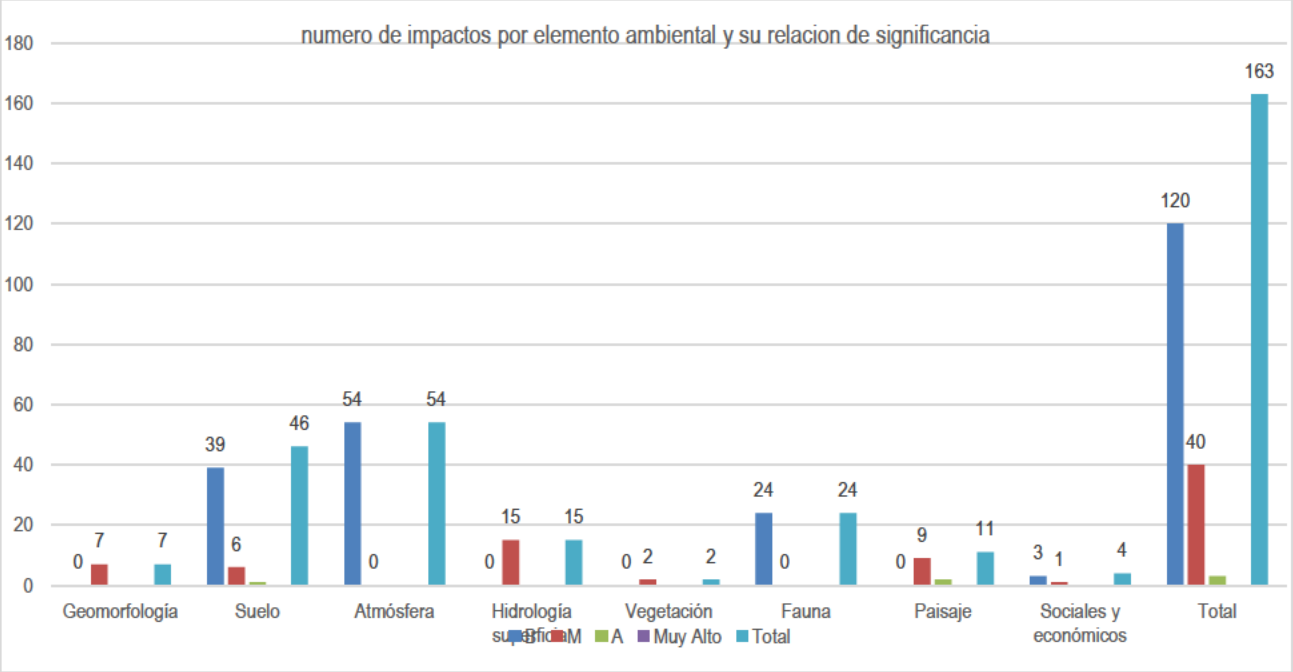


Figura V-12 Número de impactos por elemento ambiental y Grado de significancia para el proyecto

Una vez obtenidos los resultados de la evaluación de los impactos ambientales por cada una de las etapas del proyecto, se identificó que el factor ambiental más impactado es la atmosfera, seguido por el suelo, fauna e hidrología superficial. (Tablas 22; Figura 3).

Es importante concluir que en términos generales el mayor número de impactos sobre los elementos y aspectos se clasifican como bajos, seguidos por los moderados y en última instancia los altos, en general la mayor cantidad de impactos se concentran en el factor Atmósfera, suelo, fauna y vegetación, en términos generales estos impactos será mitigados, prevenidos y minimizables su afectación dentro del ecosistema, por la implementación y ejecución y aplicación de los distintos programas de control, preservación, capacitación y concientización del personal así como de la verificación y supervisión de los agentes de perturbación directa o indirecta que se presente asociado a la ejecución de una actividad o una etapa del proyecto.

En general los impactos serán absorbidos y depurados por parte del ambiente en un tiempo menor a los 5 años, como lo serían la afectación a la vegetación al permitir el crecimiento de hierba de porte bajo que no afecte la operación de los paneles y la vez tiene un efecto benéfico al permitir frenar la erosión causada por el viento y el arrastre de la lluvia así mismo

la afectación a la hidrología no se considera grave ya que se permite la infiltración así mismo se contempla un regreso a la zona de fauna menor como roedores y reptiles, todo esto debido en gran manera a la implementación de medidas de mitigación y restauración ambiental así como obras de conservación de suelos.

En el caso de la fauna, las afectaciones se considera que serán bajas durante las actividades constructivas, porque puede ser proclive a alejarse o desplazarse por el mismo ruido y presencia del personal, sin embargo, en algunos casos, aunque hay una afectación moderada por la operación, los disturbios serán puntuales, solo cuando se presente alguna actividad de mantenimiento.

Los impactos sobre el elemento ambiental de paisaje se clasifican y consideran como alto y se clasifica como residual, es importante señalar sobre el cual no se puede establecer una medida específica para eliminar su afectación en la calidad visual del ecosistema, contaminación lumínica y las emisiones por la operación del Proyecto Fotovoltaico Tikinmul, así como la percepción del proyecto por parte de las comunidades en la zona.

En relación con los componentes ambientales sociales y económicos y en específico de los culturales y arqueológicos estos se clasifican como bajos debido a la ejecución de un programa de salvamento y rescate arqueológico en la zona del proyecto lo que permitirá minimizar la afectación sobre el patrimonio cultural.

5.3.5. Evaluación general de impactos positivos

En el caso específico de las interacciones positivas se manifiesta que se agruparon las actividades por etapa del proyecto para ejemplificar el impacto positivo por la construcción y operación del proyecto.

PROYECTO FOTOVOLTAICO TIKINMUL IMPACTOS POSITIVOS ETAPA DE PREPARACIPÓN DEL SITIO																	
Factor ambiental relevante afectado	**Elemento ambiental afectado**	**ETAPAS / ACTIVIDADES / ASPECTO AMBIENTAL**	**Acciones Relevantes/ Actividades**	**Dimensión del efecto**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1- ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**GRADO**
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Delimitación y señalización	3	3	2	1	1	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	0	0.67	Alto
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Desmonte y despalmes	3	3	2	1	1	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	0	0.67	Alto
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Trazo	3	3	2	1	1	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	0	0.67	Alto
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Cortes	3	3	2	1	1	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	0	0.67	Alto
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Terraplenes	3	3	2	1	1	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	0	0.67	Alto
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Excavaciones	3	3	2	1	1	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	0	0.67	Alto
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Relleno	3	3	2	1	1	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	0	0.67	Alto
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional	Delimitación y señalización	3	3	2	1	1	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	0	0.67	Alto
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional	Desmonte y despalmes	3	3	2	1	1	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	0	0.67	Alto
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional	Trazo	3	3	2	1	1	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	0	0.67	Alto
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional	Cortes	3	3	2	1	1	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	0	0.67	Alto
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional	Terraplenes	3	3	2	1	1	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	0	0.67	Alto
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional	Excavaciones	3	3	2	1	1	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	0	0.67	Alto

Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional	Relleno	3	3	2	1	1	0.67	0	0	0	0.00	1.00	0.67	0	0.67	Alto

PROYECTO FOTOVOLTAICO TIKINMUL IMPACTOS POSITIVOS ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Factor ambiental relevante afectado	Elemento ambiental afectado	ETAPAS / ACTIVIDADES / ASPECTO AMBIENTAL	Acciones Relevantes/ Actividades	Dimensión del efecto (d)	Extensión del impacto (e)	Permanencia de la actividad (p)	Certidumbre (c)	Reversibilidad del impacto (r)	Índice básico (ib)	Sinergia (s)	Acumulación (a)	Controversia (c')	Índice complementario (ic)	1- ic	Índice de impacto (ii)	Medidas de mitigación (m)	Significancia del impacto (si)	GRADO
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Obras de protección y captación	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Excavaciones y relleno con material compactado	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	colado de plantilla	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	colocación de acero de refuerzo y cimbra.	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Colado de cimentaciones de estructuras	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	soporte de módulos fotovoltaicos	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	cerco perimetral	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Montaje de soportes y estructuras para los módulos fotovoltaicos (bastidores).	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Montaje de módulos fotovoltaicos	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Almacenes, bodegas y talleres	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado

Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Centros de Interconexión/Subestación elevadora}	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Ductos eléctricos y Sistema de tierras.	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Campamentos, dormitorios, oficinas y comedores.	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Instalaciones hidrosanitarias.	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Pruebas y puesta en servicio	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado

PROYECTO FOTOVOLTAICO TIKINMUL IMPACTOS POSITIVOS ETAPA DE OPERACIÓN

Factor ambiental relevante afectado	Elemento ambiental afectado	Etapas / actividades / aspecto ambiental	Acciones relevantes/ actividades	Dimensión del efecto (d)	Extensión del impacto (e)	Permanencia de la actividad (p)	Certidumbre (c)	Reversibilidad del impacto (r)	Índice básico (ib)	Sinergia (s)	Acumulación (a)	Controversia (c')	Índice complementario (ic)	1- ic	Índice de impacto (ii)	Medidas de mitigación (m)	Significancia del impacto (si)	Grado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Operación	3	3	3	1	2	0.80	0	0	0	0.00	1.00	0.80	0	0.80	Muy alto
Demográficos	Sociales y económicos	Economía Regional	Operación	3	3	3	1	2	0.80	0	0	0	0.00	1.00	0.80	0	0.80	Muy alto
Demográficos	Sociales y económicos	Servicios públicos	Operación	3	3	3	1	2	0.80	0	0	0	0.00	1.00	0.80	0	0.80	Muy alto

PFV IMPACTOS POSITIVOS ETAPA DE CONSTRUCCIÓN																		
Factor ambiental relevante afectado	**Elemento ambiental afectado**	**ETAPAS / ACTIVIDADES / ASPECTO AMBIENTAL**	**Acciones Relevantes/ Actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1- ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**GRADO**
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Retiro y disposición de módulos	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Retiro y disposición de equipo eléctrico	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Desarmado de estructuras fijas y de seguimiento	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía local	Limpieza y acondicionamiento del predio.	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional	Retiro y disposición de módulos	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional	Retiro y disposición de equipo eléctrico	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional	Desarmado de estructuras fijas y de seguimiento	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado

PFV IMPACTOS POSITIVOS ETAPA DE CONSTRUCCIÓN																		
Factor ambiental relevante afectado	**Elemento ambiental afectado**	**ETAPAS / ACTIVIDADES / ASPECTO AMBIENTAL**	**Acciones Relevantes/ Actividades**	**Dimensión del efecto (d)**	**Extensión del impacto (e)**	**Permanencia de la actividad (p)**	**Certidumbre (c)**	**Reversibilidad del impacto (r)**	**Índice básico (ib)**	**Sinergia (s)**	**Acumulación (a)**	**Controversia (c')**	**Índice complementario (ic)**	**1- ic**	**Índice de impacto (ii)**	**Medidas de mitigación (m)**	**Significancia del impacto (si)**	**GRADO**
Demográficos	Sociales y económicos	Economía regional	Limpieza y acondicionamiento del predio.	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Servicios públicos	Retiro y disposición de módulos	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Servicios públicos	Retiro y disposición de equipo eléctrico	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Servicios públicos	Desarmado de estructuras fijas y de seguimiento	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado
Demográficos	Sociales y económicos	Servicios públicos	Limpieza y acondicionamiento del predio.	1	1	2	1	2	0.47	0	0	0	0.00	1.00	0.47	0	0.47	Moderado

5.4. Impactos residuales

Con la aplicación de medidas de prevención y mitigación, es factible que un impacto que puede alterar el funcionamiento o la estructura de cierto componente o proceso ecosistémico dentro del sistema ambiental reduzca su efecto o significancia. Sin embargo, invariablemente, existen impactos cuyos efectos persisten aún con la aplicación de medidas, y que son denominados como residuales (Estevan, 1999). Por otro lado, la SEMARNAT (2000) define como impactos residuales el impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

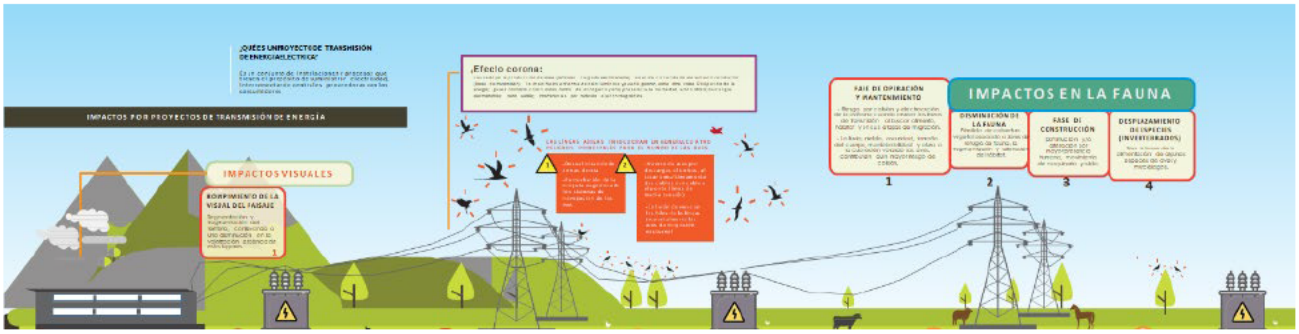


Figura V-13 Impactos residuales posibles por la operación del Proyecto Fotovoltaico Tikinmul



Figura V-14 Vista área de un parque solar ya en operación como parte de los impactos residuales



Figura V-15 Vista área de las obras asociadas ya en operación como parte de los impactos residuales

Criterios para determinar importancia del impacto residual

Para determinar la importancia o significancia del impacto residual, se toman los criterios de Reversibilidad y significancia que se obtienen de la calificación de los factores y elementos evaluados en la matriz de calificaciones, de los cuales se toman en cuenta los criterios mencionados en la Tabla 27.

Tabla V-27 Identificación de los impactos ambientales residuales y medidas de mitigación.

Elemento ambiental afectado	Factor ambiental relevante afectado	Impacto descripción	Efecto residual en Sistema Ambiental y Área de Proyecto	Condición actual	MEDIDAS DE MITIGACION
Vegetación	Cobertura, Composición	Perdida de cobertura y composición de las especies	Fragmentación del hábitat	Zona perturbada por actividades antropogénicas	Evitar el desmonte de áreas no autorizadas, manejo de residuos, capacitación, permitir el crecimiento de vegetación herbácea

Fauna	Abundancia y distribución	Desplazamiento de la fauna	Perdida de la composición y abundancia de especies de fauna mediana a otras áreas	Zona perturbada por actividades antropogénicas	Programas de rescate de fauna, capacitación, medidas de conservación y protección de madrigueras y nidos, control de velocidad en obra
Fauna	Especies en la Nom 059	Desplazamiento de la fauna	Perdida de la composición y abundancia de especies de fauna mediana a otras áreas	Zona perturbada por actividades antropogénicas	Programas de rescate de fauna, capacitación, medidas de conservación y protección de madrigueras y nidos, control de velocidad en obra
Fauna	Especies comerciales	Desplazamiento de la fauna	Perdida de la composición y abundancia de especies de fauna mediana a otras áreas	Zona perturbada por actividades antropogénicas	Programas de rescate de fauna, capacitación, medidas de conservación y protección de madrigueras y nidos, control de velocidad en obra
Paisaje	Cualidades estéticas	Perdida de la calidad intrínseca de la zona	Efecto visual-sensitivo de los transeúntes	Zona perturbada por actividades antropogénicas	Permitir crecimiento de la vegetación herbácea
Atmosfera	Calidad del aire y ruido	Aumentos en los niveles de ruido y emisiones en la zona	Afectación a la calidad atmosférica del área	Zona perturbada por actividades antropogénicas	Programas de mantenimiento

Criterios Rv

Reversible en función de la escala de tiempo de mitigarse el impacto.

- Reversible 1
- Irreversible 2

Grado de significancia.

- Bajo 1
- Moderado 2
- Alto 3

Rango de residualidad

El origen de la escala de valoración es 0.66, debido a que es el valor más bajo que se puede obtener para este índice, por lo que: 0.66 ≥ IB ≤ 1. 65

Niveles de residualidad del impacto

Baja 0 ≤ 0.66 (Impactos de baja afectación en el medio, no modifican de manera significativa los flujos de energía o las relaciones ecosistémicas.)

Mo ≥ 0.67 ≤ 1.32 (Impactos de media afectación en el medio, no modifican de manera significativa los flujos de energía o las relaciones ecosistémicas, ni interactúan con otros impactos.)

A ≥ 1.32 (Impactos de alta afectación sobre el elemento evaluado, modifican de manera perceptual el entorno sin embargo no modifican de manera significativa los flujos de energía o las relaciones ecosistémicas, ni interactúan con otros impactos).

Tabla V-28 calificación de residualidad de los impactos residuales identificados

CALIFICACION DE IMPACTOS RESIDUALES PARA EL PROYECTO FOTOVOLTAICO TIKINMUL										
Elemento ambiental afectado	**Factor ambiental relevante afectado**	**Impacto Descripción**	**Impacto**	**Magnitud**	**Reversibilidad**	**MEDIDAS DE MITIGACION**	**Reversibilidad del Impacto (R)**	**Grado de significancia**	**Nivel de residualidad**	**Grado**
Vegetación	Cobertura, Composición	Perdida de cobertura y composición de las especies	-	P	M	Evitar el desmonte de áreas no autorizadas, manejo de residuos, capacitación, permitir el crecimiento de vegetación herbácea	1	2	1.000	MODERADO
Fauna	Abundancia y distribución	Desplazamiento de la fauna	-	L	M	Programas de rescate de fauna, capacitación, medidas de conservación y protección de madrigueras y nidos, control de velocidad en obra	1	1	0.667	BAJO
Fauna	Especies en la Nom 059	Desplazamiento de la fauna	-	L	M	Programas de rescate de fauna, capacitación, medidas de conservación y protección de madrigueras y nidos, control de velocidad en obra	1	1	0.667	BAJO
Fauna	Especies comerciales	Desplazamiento de la fauna	-	L	M	Programas de rescate de fauna, capacitación, medidas de conservación y protección de madrigueras y nidos, control de velocidad en obra	1	1	0.667	BAJO
Paisaje	Cualidades estéticas	Perdida de la calidad intrínseca de la zona	-	R	I	Permitir crecimiento de la vegetación herbácea	2	3	1.667	MUY ALTO
Atmosfera	Calidad del aire y ruido	Aumentos en los niveles de ruido y emisiones en la zona	-	R	I	Programas de mantenimiento	1	1	0.667	BAJO

Referencia:			
Impacto	Magnitud	Reversibilidad	Significancia
Positivo+	Puntual: P	Reversible: M	Bajo: B
Negativo-	Local: L	Irreversible: I	Moderado: Mo
Neutro Ne* (una vez aplicada de manera efectiva la medida de mitigación o compensación)	Regional: R		Alto: A

Magnitud: Puntual (P), Local (L), Regional (R); Reversibilidad: Reversible (M), Irreversible (I); Significancia: Bajo (B); Moderado (Mo); Alto (A).

En términos generales los impactos residuales se presentarán en la etapa de operación la mayoría se evaluaron como impactos Bajos, moderados, el impacto residual que se evaluó como alto es el paisaje por la operación del PROYECTO FOTOVOLTAICO TIKINMUL y sus obras asociadas. Si bien para todos los impactos residuales como bajos y moderados se han planteado medidas de mitigación, que son técnica y económicamente factibles de aplicar, cuya efectividad ha sido ampliamente probada. En este sentido los impactos residuales altos se presentarán en el paisaje y atmosfera sobre el cual no se pueden establecer ni señalar acciones efectivas de prevención y mitigación en la etapa de operación con la finalidad de minimizar la afectación al ecosistema y las poblaciones de fauna silvestre, durante esta etapa se llevarán a cabo acciones de monitoreo a las emisiones para comprobarle a la autoridad que la planta trabaja dentro de los límites establecidos de la norma.

Para estos efectos se han planteado medidas de mitigación descritas; adicionalmente, existe el esquema de especificaciones de protección ambiental cuyo objetivo es servir como una guía de atención obligada para evitar la ocurrencia de afectaciones innecesarias, al controlar todos los procesos desde una perspectiva preventiva y de seguimiento continuo.

En el caso de los efectos relevantes sobre la cubierta vegetal, las medidas de rescate y conservación de la estructura vegetal pretenden mediante toda una serie de prácticas de manejo y conservación de suelos, conservación de la biodiversidad, buscan recuperar o compensar la pérdida de la cubierta vegetal en aquellos sitios en donde resulte afectada y mejorar la condición de la cubierta en aquellos sitios se requiera, a fin de compensar aquella perdida por las obras de carácter permanente, particularmente.

5.5. Impactos acumulativos

El impacto acumulativo en el AP, AI y SAR, según se define en la normativa ambiental como: "El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente".

Los impactos acumulativos del proyecto de planta fotovoltaica fueron evaluados considerando la **interacción de las actividades del proyecto con otras actividades preexistentes** en el área de influencia y en el sistema ambiental regional. La zona se encuentra transformada por un **agroecosistema con cultivos diversos**, por lo que los efectos adicionales del proyecto sobre suelo, agua, vegetación secundaria y fauna generalista son **localizados, de baja magnitud y temporalmente manejables**.

Se identificó que los impactos acumulativos más relevantes incluyen la **alteración temporal del suelo,** la generación de **polvo y ruido durante la construcción**, y los cambios en la dinámica socioeconómica local. Sin embargo, debido a que **el área ya está antropizada y no existen ecosistemas críticos**, los impactos acumulativos son **limitados, controlables y mitigables**, garantizando que la implementación del proyecto sea compatible con la sostenibilidad ambiental del área de influencia y del sistema ambiental regional.

Se puede decir, que el impacto ambiental acumulativo por la realización del proyecto eléctrico en la zona se da sobre el factor paisaje, fauna, calidad del aire. Que es provocado por efectos naturales y ligado de manera directa a las actividades humanas y la acción desmedida de las actividades antropogénicas que han estado impactando por décadas sobre los factores bióticos y abióticos en la región cercana al proyecto han repercutido en la zona donde se desarrollara el proyecto, provocando un impacto sobre la cobertura de la vegetación, fauna, paisaje y calidad del aire en la zona sin embargo se considera de baja significancia dicho impacto a estos elementos fuera del impacto sobre el paisaje y la calidad del aire que es un impacto acumulativo y residual que se califica de alto a muy alto, el paisaje este tiende a acumular su impacto de una manera peculiar, pues los demás proyectos o desarrollos que se ejecutan en la zona prácticamente se asocian y tienen o presentan una sinergia lo que propicio en la zona una disminución de la calidad visual y que actualmente está en constante cambio, para el caso de la fauna el impacto aunque se considera como residual debido a la operación, esto ha propiciado una acumulación en la zona provocando

cambios mínimos en los patrones de distribución de las especies pero se concluye que en un periodo menor a los 5 años la fauna se adaptara al proyecto volviendo a tomar su función dentro del ecosistema. Es innegable que cualquier proyecto eléctrico genera impactos negativos sin embargo la ejecución y operación del proyecto será un detonante en particular para beneficiar el desarrollo urbano y económico de la región y con esto beneficiar a todos los sectores del estado de Coahuila.

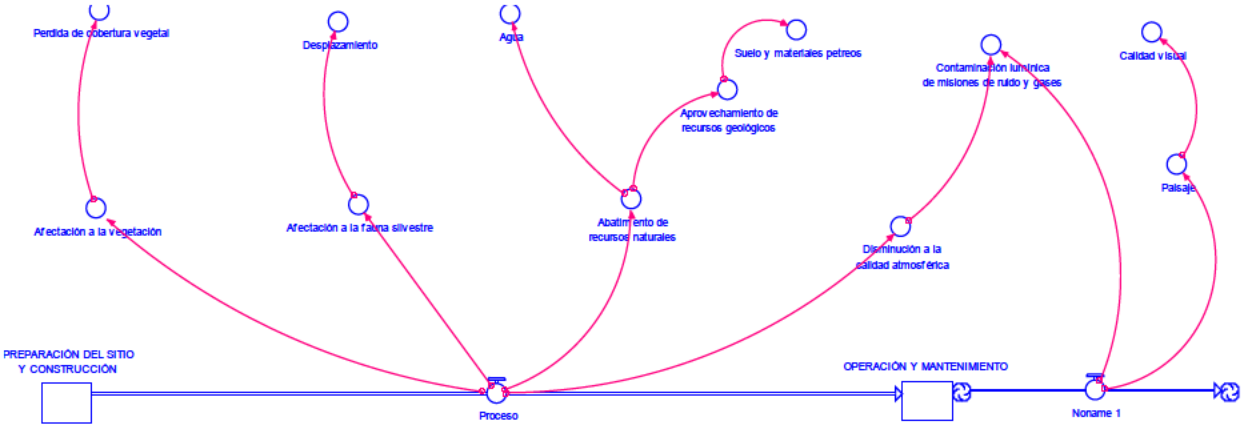


Figura V-16 Interacciones de agentes de perturbación y proyecto.

La realización del proyecto eléctrico en sus etapas de preparación del sitio, construcción y operación, en sí mismo, los impactos que se causan en cada etapa, si bien son acciones particulares para este tipo de proyecto se clasifican como impactos la mayor parte de estos de baja significancia y su permanencia en la mayoría de los casos es temporal fuera de los impactos al paisaje y la calidad atmosférica.

Es innegable señalar que los proyectos eléctricos tienen impactos acumulativos significativos en el medio ambiente y la salud, incluyendo la emisión de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático y la liberación de contaminantes que afectan la salud humana, así mismo la quema de combustibles fósiles libera dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero, que atrapan el calor en la atmósfera y contribuyen al calentamiento global sin embargo se señala el establecimiento de medidas de mitigación, así mismo la contaminación ambiental generadas por la combustión emiten partículas y gases contaminantes, como dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, que pueden causar problemas respiratorios y otros efectos en la salud, así mismo la instalación y operación puede incidir o

promover la fragmentación del hábitat, así como las infraestructuras asociadas a los parques fotovoltaicos, como carreteras y líneas de transmisión, pueden fragmentar los hábitats y dificultar el movimiento de la fauna.

Sin embargo, por lo anteriormente expuesto, se busca establecer que los impactos ambientales acumulativos del proyecto se señalan que no son la única fuente de cambio en el SAR es importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de otras actividades humanas en la región, y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el proyecto interactúa.

Estos impactos se evaluaron con el atributo "Acumulación" de lo cual se identificaron los siguientes impactos acumulativos negativos:

Cobertura vegetal

Afectación a la fauna (abundancia y distribución)

Calidad paisajística

Todos estos impactos se originan en la etapa de Preparación del sitio y construcción son asociados a las actividades de desmonte y despalme principalmente, donde el factor paisaje se ve relacionado con la operación del proyecto y es en cual se presentan la mayor cantidad de impactos que se consideran acumulativos por la constante presión de agentes y actividades antropogénicas que se desarrollan en la zona.

En las siguientes imágenes se muestran algunas de las actividades o aspectos que vienen a repercutir en el ecosistema al acumularse con los impactos propios del proyecto de generación de energía.

5.6. Resumen, conclusiones y recomendaciones

La ejecución de la construcción y operación del proyecto se ubicará en una zona con vegetación secundaria en su mayoría asociado a cultivos, como se detalló en el capítulo II del presente estudio, en términos generales y de manera global se identificaron 163 interacciones ambientales totales, de los cuales 72 se presentan en la etapa de preparación del sitio, 66 en construcción obras asociadas, 9 durante la operación y mantenimiento y durante el desmantelamiento 16.

El Proyecto contempla obras y actividades principales, incluyendo sus obras asociadas, obras provisionales que en conjunto se desarrollarán en el área del proyecto con vegetación secundaria y de productos agrícolas como el cultivo de papaya; sin embargo y previo al desarrollo de cualquier actividad, se implementarán actividades previas de protección de flora, suelo y fauna.

Tabla V-29 Resumen de Impactos por obras a nivel SAR.

Impactos ambientales registrados en el sar generados por las obras y/o actividades que se desarrollan actualmente			**Relación de impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
Obras y/o actividades que actualmente se desarrolla en el SAR	Componente ambiental	Impacto ambiental						
Actualmente en la zona del sistema ambiental no consideraron o evaluaron obras o actividades que tengan injerencia directa con la evaluación de impactos ambientales asociados al proyecto, este apartado se realizó en la evaluación de impactos acumulativos que se anexa								

Tabla V-30 Resumen de Impactos por obras y actividades preparación del sitio

Preparación del sitio								
Impactos ambientales			**Relación de impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto ambiental						
	Geomorfología	Cambio en las topoformas del área	Significativo	Permanente	Puntual y local	Moderado	Negativo	No aplica
Limpieza del terreno, Desmonte	Suelo	Perdida de suelo, posible contaminación	Significativo		Puntual	Moderado y alto	Negativo	Numero de derrames atendidos, toneladas de suelo perdidas

y despalme, remoción de vegetación, uso de maquinaria y generación de residuos, cortes, rellenos y terraplenes	Atmosfera	Emisiones a la atmosfera y ruido	Significativo	Temporal	Puntual	Mínima	Negativo	Número de vehículos fuera de norma
	Hidrología superficial	Modificación del patrón de drenaje/uso actual	Significativo	Temporal	Puntual	Mínima	Negativo	N/a
	Vegetación	Pérdida de cobertura, abundancia, , composición	Significativo	Permanente y temporal	Puntual	Moderado	Negativo	Superficie desmontada/especies rescatadas
	Fauna	Modificación de hábitat (Temporal), abundancia, composición, especies en la nom 059/comerciales	Significativo, se considera como residual la posible afectación a la fauna por la operación del proyecto	Permanente y temporal	Puntual y local	Mínima	Negativo	Especies rescatadas
	Paisaje	Cualidades estéticas	Significativo, acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alto	Negativo	N/a
	Sociales y económicos	Uso del suelo	Significativo	Permanente	Puntual	Moderado	Negativo	N/a

Tabla V-31 Resumen de Impactos por obras y actividades construcción

Construcción								
Impactos ambientales			**Relación de impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto ambiental						
Excavación, colado de plantilla, cimentación y barda perimetral	Suelo	Perdida de suelo, posible contaminación	Significativo		Puntual	Mínima	Negativo	Numero de derrames atendidos
Cimentaciones	Atmosfera	Emisiones a la atmosfera y ruido	Significativo	Temporal	Puntual	Mínima	Negativo	Número de vehículos

Hincado de estructuras de soporte, Centro de interconexión								fuera de norma
Excavación, colado de plantilla, cimentación y barda perimetral	Hidrología superficial	Modificación del patrón de drenaje/uso actual	Significativo	Temporal	Puntual	Mínima	Negativo	N/a
Obras de conducción de agua, alcantarillas Barda perimetral Montaje estructura soporte fijo fotovoltaico y módulos fotovoltaico Zanjas para conductor Instalación cableado eléctrico Inversores y centro de transformación Sistema colección de energía Instalación de equipo control y comunicación	Fauna	Modificación de hábitat (Temporal), abundancia, composición, especies en la nom 059/comerciales	Significativo, se considera como residual la posible afectación a la fauna por la operación del proyecto	Permanente y temporal	Puntual y local	Mínima	Negativo	Especies rescatadas
	Paisaje	Cualidades estéticas	Significativo	Temporal	Puntual y local	Mínima	Negativo	N/a

Tabla V-32 Resumen de Impactos por obras y actividades Operación

Operación								
Impactos ambientales			**Relación de impacto**					
			Tipo	**Duración**	**Extensión**	**Intensidad**	**Efecto**	**Indicador**
Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto ambiental						
Operación y mantenimiento	Suelo	posible contaminación	Significativo	Temporal	Puntual	Mínima	Negativo	Kg de suelo contaminado

	Paisaje	Cualidades estéticas	Significativo, acumulativo y residual	Permanente	Regional	Alto	Negativo	N/a

El desarrollo del proyecto ocasionará impactos ambientales en el área del proyecto, sin embargo, el análisis previo nos señala que el 73 % de los impactos son bajos, 24 % moderados y el 1.8 % altos, sin embargo, es importante señalar que más del 80 % de los impactos ambientales serán mitigados y compensados a través de la ejecución de distintas acciones. La mayor parte de los impactos ambientales no presentaron atributos complementarios (sinergia y acumulación).

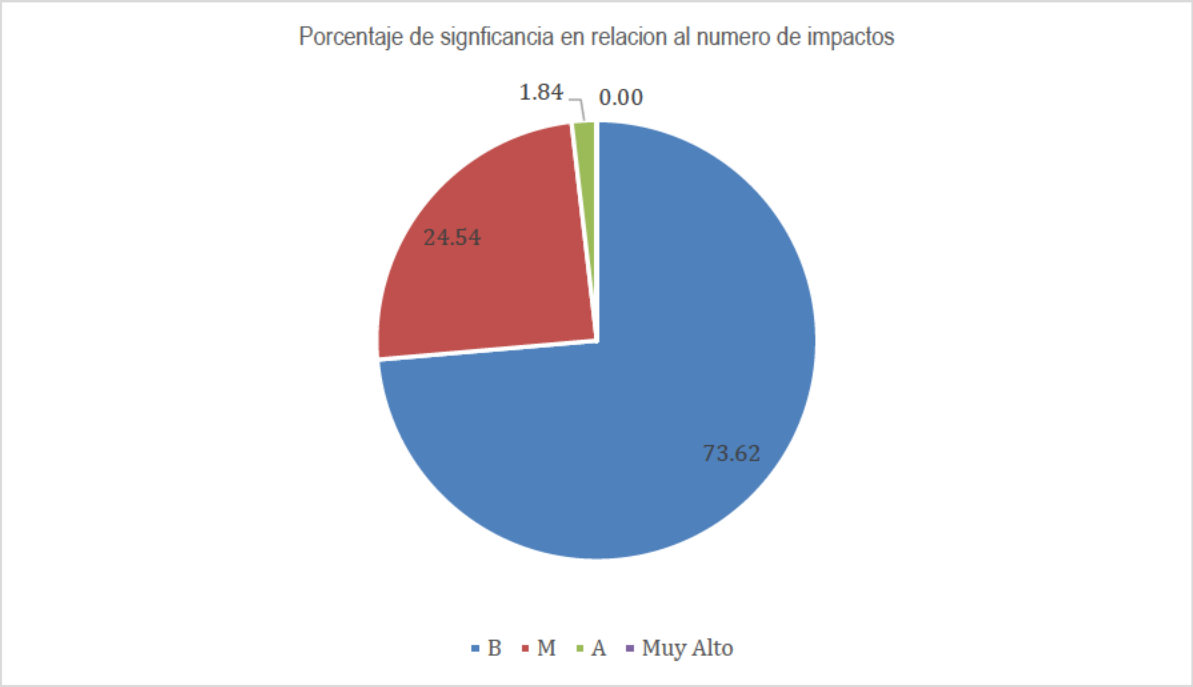


Figura V-17 Porcentaje de significancia en relación con el número de impactos

La remoción de la cobertura vegetal en términos generales detonara todos los impactos asociados a las actividades de construcción y que tiene un efecto domino sobre muchos elementos del ambiente ; sin embargo con la implementación acciones encaminadas al rescate, reforestación y acciones de conservación de suelos con esto se evitara la perdida de

especies vitales y pioneras que sirven como refugio y alimentación de fauna menor así como los servicios ambientales que presta el ecosistema; adicionalmente se implementarán acciones para proteger en sitio y rescatar especies de flora protegidas, lo que reducirá significativamente el referido impacto; entre otras; para mayor detalle ver Capítulo medidas de mitigación y prevención de impactos ambientales.

En los factores bióticos el factor fauna menor se verá impactado temporalmente, debido al desplazamiento de ésta que generarán las actividades de preparación del sitio y construcción del proyecto, aunque cuando concluya dicho proceso, retornará a la zona. Así mismo, se afecta a la diversidad, debido al daño por el personal y/o la maquinaria durante el proceso constructivo.

El paisaje es afectado principalmente por la incidencia visual del proyecto, que presenta estructuras conspicuas asociadas a la remoción de vegetación que es necesaria para la construcción del PFV y sus obras asociadas.

El medio socioeconómico presenta un balance positivo en los efectos del proyecto, por la derrama económica que supondrá la gestión para la adquisición del predio requerido para la implementación del proyecto y, por la activación económica que tendrán las comunidades cercanas al proporcionar servicios de hospedaje y alimentación durante la construcción del proyecto, y por supuesto el beneficio económico al fortalecer el suministro de energía eléctrica regionalmente, y lo que esto implica.

Lo más relevante en efectos positivos son el impulso a las actividades económicas y el bienestar general de manera regional, al fortalecer el suministro de energía eléctrica, la cual es un insumo en casi todas las actividades económicas y de servicios, reforzando con esto la calidad de la red que favorecerá la demanda por el usuario doméstico y por la industria turística que se encuentra en constante crecimiento.

En cuanto a impactos ambientales acumulativos se puede decir que a pesar de generar de que la obra promoverá un aumento en mediana escala el incremento en los impactos acumulativos, la magnitud en que se presentaran no representa un riesgo de factibilidad del proyecto, debido que es una acumulación que repercute a la disminución de la calidad visual, es crucial que señalar que no afecta a la calidad del ecosistema y de disponibilidad de los recursos naturales de manera significativa, todo ligado a la implementación y seguimiento a las medidas de mitigación y compensación que sean implementadas en la etapa de construcción, se reducirá de manera significativa dichos impactos acumulativos.

Los componentes ambientales más afectado son: atmósfera, suelo y fauna, seguida por vegetación, hidrología superficial y paisaje. La etapa del proyecto donde se generan más impactos es la construcción, preparación del sitio y operación. A pesar de que el mayor número de impactos se encuentra en las etapas de construcción, uno de los factores con mayor resiliencia o con residualidad tienen que ver con el paisaje y la afectación a la fauna, provocado por las acciones relacionadas con el desmonte y despalme, uso y mantenimiento de vehículos y maquinaria y presencia de personal en operación y mantenimiento, así como la visualización de los paneles que no se puede mitigar al 100 %.

En términos generales la mayor parte de los impactos generados por la obra son calificados como bajos y obedece a la implementación de medidas de mitigación y control asociado a cada uno de estos impactos, cada una de las medidas se desprende de la normativa ambiental aplicable y a los que se condicionen por la autoridad ambiental.

La mayoría de los impactos moderados serán mitigados, prevenidos y compensados con medidas específicas para ello (ver capítulo medidas de mitigación).

De acuerdo con el Reglamento de la LGEEPA en materia de impacto ambiental, un impacto significativo o relevante es "aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales", por ello se considera que los impactos identificados no se pueden catalogar como significativos o relevantes, ya que aunque tendrán efectos en el ecosistema, no rompe con la estructura y función del mismo, ni obstaculiza la existencia y desarrollo del hombre y los demás seres vivos, pues como se ha señalado, el proyecto no vendrá a romper el flujo sistémico del SAR.

Para garantizar que un parque solar se integre armoniosamente con su entorno natural y minimice sus impactos negativos, es crucial llevar a cabo una planificación exhaustiva, con la que se abarquen los aspectos ambientales afectados, la evaluación de riesgos y la participación comunitaria. Este enfoque integral es esencial para el éxito de los proyectos de energía solar. Además, es fundamental internalizar los costes y asegurar un compromiso a largo plazo por parte de los desarrolladores, para optimizar el rendimiento y reducir los impactos adversos (Guerin 2017). Según la valoración de este estudio, se deben considerar factores como los cambios en los ecosistemas locales y la flora y fauna presentes, así como la estética del paisaje circundante.

La viabilidad de un estudio de esta magnitud requiere un equipo interdisciplinario, que realice un análisis detallado del área propuesta para la instalación del parque solar. Este análisis debe incluir la evaluación de la biodiversidad local y la identificación de posibles impactos ambientales. Se deben mapear los ecosistemas presentes, tales como bosques, humedales y hábitats acuáticos, y realizar inventarios de la flora y fauna locales, incluyendo especies en peligro de extinción o protegidas.

La evaluación de impactos ambientales es esencial para desarrollar planes de manejo que mitiguen estos impactos. En proyectos de energía solar, es crucial minimizar la perturbación de los ecosistemas naturales y proteger la biodiversidad existente. Esto puede implicar seleccionar áreas de menor valor ecológico para la ubicación de los paneles solares e implementar medidas de mitigación, como la restauración de hábitats degradados y la creación de corredores ecológicos, para facilitar el movimiento de la fauna.

Uno de los retos más significativos es el impacto visual del parque solar en el paisaje circundante. Es fundamental diseñar estrategias de integración paisajística que reduzcan la alteración visual y preserven la calidad escénica del entorno. Esto puede incluir la selección de colores y materiales que se integren con el entorno natural y la plantación de vegetación de bajo perfil alrededor de los paneles solares para camuflarlos visualmente.

El seguimiento posterior a la construcción y durante la operación de acciones de monitoreo de elementos ambientales como la fauna en específico podrán demostrar a la autoridad que con la implementación oportuna y la correcta ejecución de las actividades de control queda manifestado que la fauna no se verá afectad por la operación del proyecto, el único elemento o factor que no podrá ser mitigado o compensado como tal será el paisaje.

Concluyentemente los impactos acumulativos derivados del proyecto de planta fotovoltaica demuestran que, aunque existen interacciones con actividades preexistentes en el área de influencia y el sistema ambiental regional, estos impactos son **previsibles, cuantificables y susceptibles de mitigación efectiva**. La zona de estudio, constituida por un agroecosistema con cultivos diversos, presenta un nivel de transformación significativo, lo que limita la aparición de efectos ambientales críticos o irreversibles.

Los impactos acumulativos identificados se relacionan principalmente con la **alteración temporal del suelo y la vegetación secundaria, la generación de polvo y ruido durante la construcción, y la dinámica socioeconómica local**. Sin embargo, la implementación de **medidas de mitigación técnicas y de manejo ambiental**, así como la aplicación del PVA

constituidos de diversos programas, asegura que estos impactos permanezcan **localizados, de baja magnitud y temporalmente controlables**.

El análisis evidenció que los impactos más significativos se presentan durante la **fase de construcción**, asociados principalmente a la remoción de la capa superficial del suelo, alteración temporal de la vegetación secundaria, generación de polvo, ruido y residuos de obra. En la **fase de operación**, los impactos identificados son menores y están principalmente relacionados con la afectación puntual del paisaje y su entorno, mantenimiento del sitio y el tránsito limitado de personal y maquinaria.

En conjunto, los resultados indican que **todos los impactos son manejables y mitigables**, garantizando la viabilidad ambiental del proyecto y su compatibilidad con el agroecosistema regional.

5.7. Bibliografía

Bojórquez- Tapia, L.A., E. Ezcurra and O. García. 1998. Appraisal of environmental impacts and mitigation measures through mathematical matrices. Journal of Environmental Management 53, 91-99.

U.S. Environmental Protection Agency. 1995. "ISC3 Guía del usuario", U.S.A., Ed. USEPA, Septiembre 1995.

GUERIN TF (2017). Evaluating expected and comparing with observed risks on a large-scale solar photovoltaic construction project: a case for reducing the regulatory burden. Renewable and Sustainable Energy Reviews 74:333-348.



MANIFESTACIÓN AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL DEL PROYECTO PARQUE FOTOVOLTAICO TIKINMUL

Capítulo VI: Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental

AIS SONORA
ANÁLISIS, INFORMACIÓN Y SERVICIOS

Índice de Contenido

6 CAPÍTULO VI: ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL 3

6.1 DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL 4

6.2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN POR COMPONENTE AMBIENTAL 4

6.3 MEDIDAS DE MITIGACIÓN POR COMPONENTE AMBIENTAL 12

6.3.1 Medidas de prevención para los factores ambientales 12
6.3.2 Contaminación ambiental 16
6.3.3 Aspectos estéticos 21
6.3.4 Aspectos socioeconómicos 22

6.4 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 23

6.4.1 Fichas técnicas de control de aspectos ambientales 24
6.4.2 Seguimiento y control (monitoreo) 31
6.4.3 Plan de prevención y mitigación del proyecto. 32
6.4.4 Seguimiento y monitoreo 41

6.5 PROGRAMAS PROPUESTOS PARA LA MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES. 45

6.5.1 Programa de rescate de flora y reubicación (Anexo en Programas) 45
6.5.2 Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna (Anexo en Programas) 45
6.5.3 Programa Manejo de Residuos Sólidos (Anexo en Programas) 46
6.5.4 Programa de capacitación ambiental "Cuidado del ambiente en el área de trabajo" (Anexo en Programas) 46
6.5.5 Controles Operacionales 47

Índice de Tablas

Tabla VI. 1. Medidas de mitigación por factor ambiental y etapa del proyecto 5
Tabla VI. 2. Actividades de mitigación para la subcategoría de vegetación 12
Tabla VI. 3. Actividades de mitigación para la subcategoría de Fauna 14
Tabla VI. 4. Actividades de mitigación para la subcategoría de Agua 16
Tabla VI. 5. Actividades de mitigación para la subcategoría de Atmósfera 17
Tabla VI. 6. Actividades de mitigación para la subcategoría de Suelo 18
Tabla VI. 7. Actividades de mitigación para la subcategoría de Paisaje 21
Tabla VI. 8. Actividades de mitigación para la subcategoría Seguridad del personal de obra (todas las áreas) 22
Tabla VI.9. Fichas de control - 25
Tabla VI. 10. Planes de prevención y mitigación de impactos. 32
Tabla VI. 11. Indicadores para evaluar efectividad de medidas ambientales antes descritas 42

Índice de Figuras

Figura 1. Impactos por proyectos de transmisión de energía. (Visual) 38
Figura 2. Impactos por proyectos de transmisión de energía. (Fauna) 39
Figura 3. Impactos por proyectos de transmisión de energía (Fauna) continuación 40

6 Capítulo VI: Estrategias para la Prevención y Mitigación de Impactos Ambientales, Acumulativos y Residuales del Sistema Ambiental

El presente capítulo tiene como propósito establecer las **estrategias y medidas necesarias para prevenir, minimizar y mitigar los impactos ambientales, acumulativos y residuales** asociados al proyecto de planta fotovoltaica. Estas estrategias buscan asegurar que la ejecución y operación del proyecto se realicen de manera **compatibles con la sostenibilidad ambiental, la conservación de los recursos naturales y la protección del bienestar de las comunidades locales**.

La planificación de las medidas de mitigación se basa en un **análisis sistemático de los impactos identificados y evaluados en el Capítulo V**, considerando su magnitud, extensión, duración y reversibilidad. Asimismo, se incorporan criterios normativos establecidos por la **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPA-MEIA), y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables**, asegurando el cumplimiento de los lineamientos legales vigentes.

En este capítulo se presentan estrategias **integrales y coordinadas** que incluyen acciones de manejo del suelo y la vegetación, control de emisiones atmosféricas, gestión de residuos, preservación de la flora y fauna secundaria, protección de cuerpos de agua, y mitigación de impactos sociales y económicos. También se aborda la prevención de impactos acumulativos y la reducción de efectos residuales a través de programas de monitoreo, seguimiento ambiental y adaptación de medidas correctivas.

De esta manera, el capítulo proporciona un **marco estructurado y coherente** para la implementación de acciones que garanticen la **viabilidad ambiental del proyecto**, la **protección del sistema ambiental regional** y la **responsabilidad social corporativa**, contribuyendo a la consolidación de un proyecto sostenible, seguro y socialmente aceptable.

6.1 Descripción de la medida o programa de mitigación o correctivas por componente ambiental

Con base en la identificación y evaluación de los impactos ambientales que se producirán en las diferentes etapas del proyecto, realizado en el capítulo V, en este capítulo se presentan las medidas y acciones a seguir para prevenir, mitigar o compensarlos, o también conocido como buenas prácticas.

Las medidas propuestas a continuación, se basan en el análisis ambiental realizado en el capítulo IV y en la identificación y evaluación de impactos realizada en el capítulo V; donde se obtuvieron impactos negativos que van desde bajos hasta medios y en algunos casos particulares de medios a altos como seria para el paisaje.

El tipo de medidas que se manejan en este capítulo se definen brevemente como sigue:

- Medidas preventivas (Pr). Estas acciones evitan efectos previsibles de deterioro en el ambiente.
- Medidas de remediación (Re). Estas acciones tienen como fin contrarrestar los efectos negativos provocados por las actividades del proyecto.
- Medidas de rehabilitación (Rh). Son programas de conservación y cuidado que se deberán llevar a cabo una vez terminado el proyecto para conservar la estructura y funcionalidad del SA.
- Medidas de compensación (Cm). Estas medidas no evitan la aparición del efecto, pero contrapesa de alguna manera la alteración del factor, son aplicadas a impactos irrecuperables e inevitables.
- Medidas de reducción (Rd). Con la aplicación de estas medidas los daños que se puedan ocasionar al ecosistema serán mínimos.

6.2 Medidas de prevención por componente ambiental

En la Tabla 1, se exponen las medidas de prevención que se pretenden llevar a cabo, con la finalidad de aminorar los impactos a los componentes ambientales, de acuerdo con las etapas del proyecto (PS= Preparación del sitio, C= Construcción, O= Operación, M= Mantenimiento).

Tabla VI. 1. Medidas de mitigación por factor ambiental y etapa del proyecto

Componente ambiental	Medida prevención	Etapa del proyecto en la que se implementa			
		PS	C	O	M
Flora	Previo al inicio del proyecto, a todos los trabajadores que laboren en la remoción de la vegetación y en el establecimiento de la infraestructura del parque fotovoltaico se les dará un curso de capacitación sobre "CUIDADO DEL AMBIENTE EN EL ÁREA DE TRABAJO" el cual constará de 2 horas divididas en 1 hora teórica y 1 hora práctica.	X			
	Pláticas para sensibilizar al personal que laborará en la obra a fin de evitar o disminuir daños a la flora en general. Dicha sensibilización se realizará creando y difundiendo información relativa a las medidas de protección ambiental que deberán observar durante su participación en la obra.	X	X		
	A todos los trabajadores se les dará capacitación sobre la prohibición del uso y manejo de fuego, dicho curso tendrá una duración de 2 horas divididas en 1 hora teórica y 1 hora práctica, esto con el fin de evitar los incendios forestales en la zona, principalmente en época de sequias.	X	X	X	X
	En todas las etapas del proyecto como preparación del sitio y construcción de las obras se utilizarán vías de acceso ya existentes, para evitar la apertura de otras a fin de reducir en lo posible los impactos que esto conlleva.	X	X	X	X
	Se realizará el desmonte permanente a matarrasa únicamente en los accesos a los sitios de construcción, así como en los sitios de construcción.	X			
	Se respetarán las especies de importancia biológica, ya que de acuerdo a la naturaleza del proyecto y la superficie solicitada respecto a la superficie a utilizar es posible evitar el desmonte de algunos individuos de gran importancia biológica.	X			
	Se realizará desrame, picado y dispersión del arbolado y vegetación en general para facilitar su integración al suelo, para su posterior utilización como materia orgánica para el establecimiento de la vegetación secundaria y elemento de retención de suelo con la finalidad de evitar la erosión eólica e hídrica.	X	X		
	Para no afectar a la vegetación contigua a la obra, el desmonte se efectuará dirigiendo la caída de los árboles y vegetación hacia el centro del predio forestal o área de la obra ya desmontada.	X			
	Cuando por las características abruptas del terreno, el derribo del arbolado pueda impactar o dañar a la vegetación adyacente, aunque esta vegetación estuviese dentro del área de construcción, el promovente realizará la remoción del arbolado de forma gradual, empezando por el desrame hasta llegar a una altura adecuada en la cual se pueda realizar la remoción sin riesgo a dañar a la vegetación aledaña.	X			
	Durante las labores de desmonte y limpieza no se permitirá el uso del fuego ni agroquímicos (herbicidas u otros productos químicos), así como tampoco se realizarán actividades de quema de ningún tipo de residuo.	X			

Componente ambiental	Medida prevención	Etapa del proyecto en la que se implementa			
		PS	C	O	M
	No se debe realizar ningún tipo de aprovechamiento o daño a especies de flora.	X	X	X	X
	Se vigilará la zona cuidando la no extracción de la vegetación para cualquier fin.	X	X	X	X
	Se realizará supervisión periódica de manera mensual en los diferentes frentes de trabajo para vigilar el adecuado manejo y protección de las especies florísticas.	X	X	X	X
	La basura de tipo doméstico generada por los trabajadores deberá ser colectada al final de la jornada en contenedores de plástico debidamente rotulados, y la empresa contratista deberá llevar consigo contenedores para su disposición temporal, y deberá retirarlos a los sitios indicados por la autoridad municipal correspondiente.	X	X	X	X
Fauna	Previo al inicio del proyecto, a todos los trabajadores que laboren en el establecimiento de la infraestructura del parque fotovoltaico se le dará un curso de capacitación sobre "CUIDADO DEL AMBIENTE EN EL ÁREA DE TRABAJO" el cual constará de 2 horas divididas en 1 hora teórica y 1 hora práctica.	X			
	Se impartirán pláticas para sensibilizar al personal que laborará en la obra a fin de evitar o disminuir daños a fauna en general. Dicha sensibilización se realizará creando y difundiendo información relativa a las medidas de protección ambiental que deberán observar durante su participación en la obra.	X	X	X	X
	A todos los trabajadores se les dará capacitación sobre la prohibición en el uso del fuego en el área del proyecto dicho curso tendrá una duración de 2 horas divididas en 1 hora teórica y 1 hora práctica.	X	X	X	X
	Se llevará a cabo un taller de capacitación de cuidado y manejo de fauna silvestre el cual constará de 3 horas, 2 horas teórica y 1 hora de práctica y en él, se mostrará la forma de rescate de los 4 grupos faunísticos a todos los trabajadores en las actividades que implica el proyecto.	X	X	X	X
	Previo a las actividades de desmonte y despalme se realizarán recorridos para la detección de nidos, guaridas y/o refugios de la fauna silvestre, en cuyo caso se ahuyentará a los animales que los ocupen.	X			
	Establecimiento de reglamentaciones internas y supervisión al personal para evitar cualquier afectación a la fauna silvestre.	X	X	X	X
	Se realizará ahuyentamiento de las especies faunísticas previo a la remoción de la vegetación en el área solicitada para el establecimiento del proyecto por medio de recorridos en los cuales se utilizaran sirenas, silbatos o matracas.	X			
	Durante la construcción se deberán colocar barreras y señalamientos en las cepas que se abran y no deben quedar abiertas al término de cada jornada, o en su defecto, se deberán obstaculizar o cubrir la excavación asi mismo se deberá circular con alambre o cualquier otro material para evitar accidentes tanto de personas, como de fauna silvestre y doméstica.		X		
	En las cepas además de colocar las barreras también se colocará un tronco o rama dentro de la cepa para que en caso de caer algún roedor pequeño, reptil se le facilite su escape de este lugar.		X		

Componente ambiental	Medida prevención	Etapa del proyecto en la que se implementa			
		PS	C	O	M
	En caso de que se encuentren organismos vivos en las cepas, se deberá proceder a su rescate y chequeo por parte de un veterinario especializado en fauna silvestre, esto para descartar cualquier daño que se hubiera podido ocasionar a la hora de caer para posteriormente realizar la liberación de dicho individuo.		X		
	Si cuando se realice la apertura de cepas se encuentran especies de lento desplazamiento, el promovente implementará el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre presente.		X		
	Para no afectar al hábitat de fauna silvestre contigua a la obra, el desmonte se efectuará dirigiendo la caída de los árboles hacia el centro del área de afectación del proyecto.	X			
	Realizar las labores de construcción de preferencia en horarios diurnos, ya que durante la noche el ruido se incrementa.		X		
	Evitar los ruidos innecesarios generados por silbatos, bocinas, sirenas, pitos, motores encendidos, etc. Para evitar en medida de los posible el estrés a fauna que se encuentre en zonas cercanas al área del proyecto.	X	X	X	X
	Instalar y mantener en perfectas condiciones los silenciadores de los equipos a motor (vehículos, equipos y maquinarias).	X	X	X	X
	Mantener los vehículos en buenas condiciones y disponer de sistemas de escapes adecuados y eficaces.	X	X	X	X
	No se establecerán campamentos en el área del proyecto, con la finalidad de no desplazar a las especies faunísticas.	X	X		
Suelo	Previo al inicio del proyecto, a todos los trabajadores que laboren en la remoción de la vegetación y en el establecimiento de la infraestructura del parque fotovoltaico se le dará un curso de capacitación sobre "CUIDADO DEL AMBIENTE EN EL ÁREA DE TRABAJO" el cual constará de 2 horas divididas en 1 hora teórica y 1 hora práctica.	X			
	Se impartirán pláticas para sensibilizar al personal que laborará en la obra a fin de evitar daños o afectar al suelo en general. Dicha sensibilización se realizará creando y difundiendo información relativa a las medidas de protección ambiental que deberán observar durante su participación en la obra.	X	X	X	X
	Con la finalidad de evitar posibles incendios forestales que provoquen la pérdida de cobertura forestal y propicien una erosión paulatina en la zona o áreas aledañas, se impartirá un curso de capacitación sobre uso y manejo de fuego a todos los trabajadores, dicho curso tendrá una duración de 2 horas divididas en 1 hora teórica y 1 hora práctica.	X			
	Se realizarán talleres de concienciación para el manejo y disposición de residuos derivados del derrame, estos talleres se impartirán cada mes a todo el personal.	X	X	X	X
	El material producto del despalme se utilizará para la restauración de los sitios que se afectarán de manera temporal, como son las áreas para armado y montaje de estructuras y las de tendido y tensado de cables.	X	X		

Componente ambiental	Medida prevención	Etapa del proyecto en la que se implementa			
		PS	C	O	M
	Los materiales que puedan ser reutilizados serán colectados y almacenados temporalmente para su posterior utilización.	X	X		
	Se utilizarán vías de acceso ya existentes y deberán estar debidamente señalizados, para evitar la apertura de otras vías a fin de reducir en lo posible los impactos en la zona que esto conlleva.	X	X	X	X
	Se deberá transitar por los caminos de acceso cercanos y por el area de acceso a sitios de construcción.	X	X	X	X
	Durante la realización de las actividades que implican el proyecto se colocará un sanitario portátil por cada 15 personas de ser posible, esto con la finalidad de mantener un estricto control de los residuos fisiológicos y evitar las evacuaciones al aire libre, posteriormente los residuos deberán ser trasladados a los sitios donde indique la autoridad local, para lo cual deberá contratarse a una empresa especializada y autorizada para el manejo y disposición de los mismos cada tercer día.	X	X		
	Los residuos que por sus propiedades físicas y químicas tengan características de peligrosidad, deben manejarse y disponerse de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 y demás ordenamientos jurídicos aplicables.	X	X	X	X
	Se supervisará que el contratista no vierta los restos del cemento premezclado ni los residuos generados por el lavado de los camiones revolvedores, en ninguna de las áreas adyacentes a este terreno a excepción de las áreas de hincado preestablecidas para este fin; para lo anterior, se mantendrá una estricta supervisión durante el desarrollo de la obra percatándose de la disposición final de los mismos.		X		
	No se deberán verter los restos del cemento premezclado ni los residuos generados por el lavado de los camiones revolvedores, en ninguna de las áreas adyacentes a los sitios de construcción, a excepción de las áreas de hincado preestablecidas para este fin de manera temporal; para lo anterior, se mantendrá una estricta supervisión durante el desarrollo de la obra percatándose de la disposición final de los mismos.		X		
	El derribo de la vegetación se realizará de forma paulatina y dirigida hacia las zonas ya derribadas para evitar dañar vegetación que posiblemente no tenga que ser removida.	X			
	Se utilizarán medios mecánicos para realizar la remoción de la vegetación (machetes, hachas y motosierras) previo de la fauna silvestre para posteriormente realizar el resto del desmonte con maquinaria pesada tomando en cuenta medidas precautorias que generen una menor afectación al ambiente.	X			
	Todos los residuos sólidos que se generen se almacenarán temporalmente en contenedores especiales con tapa y debidamente rotulado, para evitar su derrame o el acceso de la fauna a ellos.	X	X	X	X

Componente ambiental	Medida prevención	Etapa del proyecto en la que se implementa			
		PS	C	O	M
	El almacenamiento de combustibles, lubricantes, grasas y equipo se realizará en un área habilitada con piso firme que impida la infiltración de cualquier derrame.	X	X	X	X
Hidrología	Se realizará cada mes un taller de concienciación al personal para el manejo y disposición de residuos derivados del desrame.	X			
	Se utilizarán vías de acceso ya existentes, para evitar la apertura de caminos fuera del acceso a los sitios de construcción a fin de reducir en lo posible los impactos que esto conlleva.	X	X	X	X
	Al material producto de las excavaciones y despalmes se colocará en sitios donde el suelo removido no sufra arrastres por agentes físicos y climáticos, para posteriormente ponerlo a disposición del municipio.		X		
	El contratista deberá clasificar e identificar los residuos que se generen durante el proceso de construcción para su disposición final.	X	X		
	La empresa contratista deberá llevar consigo contenedores de basura para su utilización temporal, y deberá retirarlos a los sitios indicados por la autoridad municipal correspondiente.	X	X	X	X
	Queda prohibido tirar basura y desechos. La basura de tipo doméstico generada por los trabajadores deberá ser colectada al final de cada jornada en bolsas de plástico y puesta a disposición de las autoridades municipales para su disposición final.	X	X	X	X
	La maquinaria se mantendrá en buen estado con el fin de evitar el derrame de lubricantes o combustibles que puedan dañar al suelo, agua, aire, flora y fauna del área.	X	X	X	X
	El mantenimiento y lavado de maquinaria, equipo y vehículos deberá efectuarse en áreas de servicio preestablecidas. No se permitirá que estas acciones se efectúen en el área de trabajo o en las cercanías de cuerpos de agua. Las áreas de servicio deberán tener piso de concreto, fosa separadora de grasas y aceites, y fosa de recuperación, además de que se realizará el lavado a presión para el ahorro de agua.	X	X	X	X
	No se realizará el depósito, manejo de combustibles y derivados del petróleo o cualquier otro liquido calificado de contaminantes dentro del área del proyecto.	X	X	X	X
	Se prohíbe la descarga de aguas residuales en el área del proyecto, por lo que el contratista deberá de implementar un programa de colecta y manejo de las aguas residuales que impliquen las actividades de construcción del proyecto.	X	X		
	Durante la realización de las actividades del proyecto, se colocará un sanitario portátil por cada 15 personas de ser posible, esto con la finalidad de mantener un estricto control de los residuos fisiológicos y evitar las evacuaciones al aire libre, y que estas se filtren, posteriormente los residuos deberán ser trasladados a los sitios donde indique la autoridad local, para lo cual deberá contratarse a una empresa especializada y autorizada para el manejo y disposición de los mismos.	X	X		

Componente ambiental	Medida prevención	Etapa del proyecto en la que se implementa			
		PS	C	O	M
	El almacenamiento de combustibles, lubricantes, grasas y equipo se realizará en un área habilitada con piso firme que impida la infiltración de cualquier derrame.	X	X	X	X
Aire	Se establecerá un programa de supervisión y mantenimiento preventivo de la maquinaria y vehículos que se utilicen, a efecto de que éstos se encuentren en condiciones óptimas de funcionamiento y sus emisiones de ruido se limiten a los estándares técnicos establecidos de acuerdo con su función.	X	X	X	X
	Para mitigar los efectos adversos de las vibraciones y emisiones de ruido sobre la fauna, su hábitat y habitantes próximos a las áreas de trabajo, las labores de preparación del sitio y construcción se realizarán en horario diurno.	X	X		
	Para prevenir la dispersión de partículas de polvo por la operación de la maquinaria y vehículos durante el transporte de material, así como durante los trabajos de preparación del sitio, se aplicarán riegos de agua en las áreas expuestas del suelo, cuando sea necesario y con la frecuencia que se requiera.	X	X		
	Los camiones de transporte de material de construcción deberán circular con las cajas cubiertas por lonas.	X	X	X	X
	Durante todas las etapas de desarrollo del proyecto se evitará la quema de vegetación y basura.	X	X	X	X
Calidad paisajística	Queda prohibido tirar basura y desechos. La basura de tipo doméstico generada por los trabajadores deberá ser colectada al final de cada jornada en bolsas de plástico y puesta a disposición de las autoridades municipales para su disposición final.	X	X	X	X
	Al material producto de las excavaciones y despalmes se colocará en sitios donde el suelo removido no sufra arrastres por agentes físicos y climáticos, para posteriormente ponerlo a disposición del municipio.	X	X		
	El contratista deberá clasificar e identificar los residuos que se generen durante el proceso de construcción para su disposición final.	X	X		
	El derribo de la vegetación se realizará de forma paulatina y dirigida hacia las zonas ya derribadas para evitar dañar vegetación que posiblemente no tenga que ser removida.	X			
	Se utilizarán vías de acceso ya existentes, para evitar la apertura de otras vías a fin de reducir en lo posible los impactos en la zona que esto conlleva.	X	X	X	X
	Los materiales que puedan ser reutilizados serán colectados y almacenados temporalmente para su posterior utilización.	X			
Social y económico	En la contratación de personal, se dará preferencia a la Población Económicamente Activa de las comunidades más cercanas al predio del proyecto.	X	X		
	Durante la construcción se deberán colocar barreras en las cepas que se abran y no deben quedar abiertas al término de cada jornada, o en su defecto, se deberán circular con alambre o cualquier otro material para evitar accidentes tanto de personas, como de fauna silvestre y doméstica.		X		

Componente ambiental	Medida prevención	Etapa del proyecto en la que se implementa			
		PS	C	O	M
	Previo al inicio del proyecto, a todos los trabajadores que laboren en la remoción de la vegetación y en el establecimiento de la infraestructura del parque fotovoltaicoEléctrica se le dará un curso de capacitación sobre "CUIDADO DEL AMBIENTE EN EL ÁREA DE TRABAJO" el cual constará de 2 horas divididas en 1 hora teórica y 1 hora práctica.	X			
	Si durante actividades de excavación se descubren piezas arqueológicas o de interés histórico, se notificará inmediatamente del hecho al Instituto Nacional de Antropología e Historia de conformidad con lo dispuesto en el artículo 29 de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos, a fin de que esta autoridad decida las acciones a seguir. Mientras esto ocurre, el constructor suspenderá toda la actividad en el sitio de interés hasta que tal Instituto autorice la reiniciación de los trabajos.	X	X		
	Que el personal cuente con las medidas mínimas de seguridad que señala las normas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, como son: NOM-017-/STPS-1993 referente al equipo de protección para los trabajadores en los centros de trabajo, y NOM-011/ STPS -1993 relacionada con las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.	X	X	X	

6.3 Medidas de mitigación por componente ambiental

Derivado de los impactos significativos presentado en el capítulo V de este documento, a continuación, en las siguientes Tablas 3 se presentan las medidas de mitigación que se implementarán para lograr mitigar los impactos que el proyecto generará a los componentes ambientales en función del elemento ambiental y sección del proyecto.

6.3.1 Medidas de prevención para los factores ambientales

Tabla VI. 2. Actividades de mitigación para la subcategoría de vegetación

Elemento ambiental	Actividad	Tipo de Medida	Responsable	Duración	Recursos	Fuente de información	Objetivo	Periodicidad	Método Calculo
Vegetación	No se deberán afectar áreas fuera de las requeridas por el proyecto, evitando también afectar directa e indirectamente áreas aledañas, estableciendo claramente los límites de las áreas a afectar sobre los caminos de acceso y en áreas de construcción.	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Ninguno	Ley Forestal, Plan de Manejo de Vegetación.	Verificar que la actividad no se realice fuera de las areas establecidas	Mensual	Superficie autorizada/ superficie removida
	Rescate de ejemplares de importancia ecológica (Consultar Programa anexo) y de importancia ecológica	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Ley Forestal, Plan de Manejo de Vegetación, NOM-059-SEMARNAT 2010	Verificar que el rescate de flora se ejecute conforme a lo planificado	Mensual	Sobrevivencia de organismos rescatados
	Rescate de germoplasma forestal de las especies de cactáceas y de importancia ecológica.	Reducción y prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Ley Forestal, Plan de Manejo de Vegetación, NOM-059-SEMARNAT 2010	Contar con germoplasma para reposición de ejemplares de flora que	Mensual	Número de organismos producidos para reposición

Elemento ambiental	Actividad	Tipo de Medida	Responsable	Duración	Recursos	Fuente de información	Objetivo	Periodicidad	Método Calculo
							no sobrevivan		
	Limitar la circulación de vehículos y maquinaria por las áreas establecidas para el proyecto (caminos existentes, derecho de vía del ferrocarril y carreteras.	Reducción y prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Reglamento interno	Verificar que el personal cumpla con el reglamento interno	Mensual	Número de sanciones al personal
	Utilizar áreas sin vegetación para las instalaciones provisionales.	Reducción y prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Reglamento interno	Evitar dañar areas provistas de vegetación	Mensual	Sanciones al que incumpla el reglamento interno
	Prohibir el uso de químicos y fuego para realizar el desmonte	prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Reglamento interno	Evitar dañar areas por fuego	Mensual	Sanciones al que incumpla el reglamento interno
	Pláticas ambientales.	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Programa de capacitación	Sensibilizar al personal que laborará en la obra por medio de pláticas a fin de evitar o disminuir daños a la flora y a la fauna y en general.	Mensual	Para lo anterior, se establecerán reglamentaciones por parte del licitante que eviten cualquier afectación derivada de las actividades del personal. Al respecto, se responsabilizará a la empresa de cualquier ilícito en el que incurran sus trabajadores.

Tabla VI. 3. Actividades de mitigación para la subcategoría de Fauna

Elemento ambiental	Actividad	Tipo de Medida	Responsable	Duración	Recursos	Fuente de información	Objetivo	Periodicidad	Método Calculo
Fauna	Para no afectar a la vegetación y hábitat de fauna silvestre contigua a la línea de transmisión, el desmonte se efectuará dirigiendo la caída de los árboles hacia el centro del área de acceso a la construcción o al centro de las áreas de maniobra según sea el caso.	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Ninguno	Ley Forestal, Plan de Manejo de Vegetación.	Verificar que la actividad no se realice fuera de las areas establecidas	Mensual	Sanciones al que incumpla el reglamento interno
	Rescate de fauna y de importancia ecologica (Consultar Programa anexo)	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Ley de Vida Silvestre y su reglamento, Reglamento interno, NOM-059-SEMARNAT 2010	Verificar que el rescate de fauna se ejecute conforme a lo planificado	Mensual	Sobrevivencia de organismos rescatados
	Revisión de nidos activos	Reducción y prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Ley de Vida Silvestre y su reglamento, Reglamento interno, NOM-059-SEMARNAT 2010	Verificar que no se afecten nidos de aves	Mensual	Número de nidos reubicados y/o protegidos
	Limitar la circulación de vehículos y maquinaria por las áreas establecida para el proyecto (caminos existentes, derecho de vía del ferrocarril y carreteras.	Reducción y prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Reglamento interno	Verificar que el personal cumpla con el reglamento interno	Mensual	Número de sanciones al personal

Elemento ambiental	Actividad	Tipo de Medida	Responsable	Duración	Recursos	Fuente de información	Objetivo	Periodicidad	Método Calculo
	Ahuyentamiento de mamíferos	Reducción y prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Ley de Vida Silvestre y su reglamento, Reglamento interno, NOM-059-SEMARNAT 2010	Evitar dañar y molestar a la fauna silvestre	Mensual	Número de organismos de fauna ahuyentados
	No se permitirá la cacería, captura y comercialización de especies silvestres que se lleguen a encontrar en el área del proyecto, principalmente de aquellas especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Ley de Vida Silvestre y su reglamento, Reglamento interno, NOM-059-SEMARNAT 2010	Evitar dañar y molestar a la fauna silvestre	Mensual	Sanciones al que incumpla el reglamento interno, vigilancia por parte del personal de CFE
	Las cepas que se abran para la cimentación de las estructuras de soporte de la línea de transmisión no deben quedar abiertas al término de cada jornada, o en su defecto, se deberán circular con alambre o cualquier otro material asi mismo se cubrirán con algún material para evitar accidentes tanto de personas como de fauna.	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Ley de Vida Silvestre y su reglamento, Reglamento interno, NOM-059-SEMARNAT 2011	Evitar dañar y molestar a la fauna silvestre	Mensual	Sanciones al que incumpla el reglamento interno/ fauna liberada/excavaciones protegidas

6.3.2 Contaminación ambiental

Tabla VI. 4. Actividades de mitigación para la subcategoría de Agua

Elemento ambiental	Actividad	Tipo de Medida	Responsable	Duración	Recursos	Fuente de información	Objetivo	Periodicidad	Método Calculo
Hidrología superficial	El material forestal residual ocasionado por los desmontes será picado y esparcido en la franja del proyecto y áreas de maniobra para amortiguar la caída de las lluvias y mejorar la recarga al manto freático.	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-construcción	Económicos	Ley forestal, plan de manejo de vegetación, nom-059-semarnat 2010	picado y esparcido de la vegetación se realice en áreas de acceso al proyecto	Mensual	Verificar que el picado y esparcido de la vegetación se realice en áreas de acceso al proyecto
	Durante la construcción de las estructuras de soporte de la línea de transmisión se evitará colocar cimentaciones dentro de arroyos intermitentes evitando obstruir el flujo de las corrientes naturales	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Ley Forestal, Plan de Manejo de Vegetación, NOM-059-SEMARNAT 2010	No instalar estructuras en cuerpos de agua o escurrideros	Mensual	Verificar que no se instalen estructuras de transmisión en cuerpos de agua o escurrideros
	Instalar sanitarios portátiles en los frentes de trabajo. En caso de no existir en la región el servicio de préstamo de renta de sanitarios o la inaccesibilidad del sitio no lo permita, se construirán letrinas temporales y fosa séptica.	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Reglamento interno	Verificar que el personal cumpla con el reglamento interno y se coloquen sanitarios portátiles	Mensual	Número de baños portátiles instalados por cada 15 personas

Tabla VI. 5. Actividades de mitigación para la subcategoría de Atmósfera

Elemento ambiental	Actividad	Tipo de Medida	Responsable	Duración	Recursos	Fuente de información	Objetivo	Periodicidad	Método Calculo
Atmosfera	Realizar mantenimiento preventivo a vehículos, para minimizar la emisión de ruido mayor a los límites permitidos en la normatividad correspondiente; en caso de otra maquinaria o equipo se tomaría como base esta misma normatividad.	Reducción y prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	NOM-041-SEMARNAT-2006, NOM-045-SEMARNAT-2006.	Verificar el seguimiento al programa de mantenimiento de vehículos y maquinaria	Mensual	Bitácoras de mantenimiento
	Evitar llenar los camiones de acarreo de material hasta su máxima capacidad y de ser necesario cubrirlos con lona y humedecer el material	Reducción y prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Reglamento interno de construcción	Cumplir el reglamento interno de construcción	Mensual	Número de vehículos cubiertos con lona en relación al total del parque vehicular (camiones)
	Prohibir realizar cualquier tipo de actividad de las etapas de preparación del sitio y construcción durante la noche.	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Reglamento interno de construcción	Cumplir el reglamento interno de construcción	Mensual	Número de sanciones por incumplimiento al reglamento interno

Tabla VI. 6. Actividades de mitigación para la subcategoría de Suelo

Elemento ambiental	Actividad	Tipo de Medida	Responsable	Duración	Recursos	Fuente de información	Objetivo	Periodicidad	Método cálculo
Suelo	Se deberán conservar el estrato herbáceo y los tocones de los árboles y arbustos cuando no interfieran con la construcción de determinada obra ni con la ubicación de alguna instalación. Los tocones se dejarán a una altura mínima de 3 cm. Esto como medida de protección del suelo, disminución del riesgo de erosión y para dar oportunidad a que se regenere la vegetación mediante mecanismos naturales, así como para servir de refugio a la fauna local.	Reducción	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Reglamento interno de construcción, plan de manejo de vegetación	Conservar la estructura del suelo y evitar perdida de suelo	Mensual	Superficie autorizada/ superficie removida
	Los residuos vegetales generados durante las acciones de construcción se picarán y dispersarán en el suelo para facilitar su integración al mismo. Este tipo de residuos se deberá depositar en forma perpendicular al drenaje superficial.	Reducción	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Reglamento interno de construcción, plan de manejo de vegetación	Esparcir el producto del desmonte en áreas desprovistas de vegetación	Mensual	Número de hectáreas intervenidas con picado y esparcido de vegetación
	Para reducir los efectos de erosión asociados a la remoción de la cubierta vegetal, se permitirá el establecimiento de la vegetación herbácea en las áreas desmontadas, inmediatamente después de que concluyan las labores de construcción	Reducción, prevención y mitigación	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Reglamento interno de construcción, plan de manejo de vegetación	Permitir el establecimiento de la vegetación con el fin de proteger el suelo	Mensual	Número de organismos producidos
	Las instalaciones para al almacén de combustibles, lubricantes y residuos peligrosos deben contar con piso impermeable y extintor. Colocar estas instalaciones en áreas sin vegetación, se sugiere localizar espacios para este fin en las áreas con asentamiento humanos cercanos.	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Art 82 del Reglamento de la LGPGIR.	Manejar los residuos conforme la legislación aplicable.	Mensual	Número de sanciones al personal

Elemento ambiental	Actividad	Tipo de Medida	Responsable	Duración	Recursos	Fuente de información	Objetivo	Periodicidad	Método cálculo
	Las actividades de mantenimiento de maquinaria y vehículos deberán realizarse en talleres instalados en las localidades cercanas, de ninguna forma deberán realizarse en el área de proyecto.	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Reglamento interno de construcción	Mantener los vehículos y maquinaria en condiciones optimas	Mensual	Sanciones al que incumpla el reglamento interno/programa de mantenimiento a vehículos y maquinaria
	En caso de una situación de emergencia que requiera la reparación de un vehículo o maquinaria en el área de trabajo, se tomarán las medidas necesarias para evitar contaminar el suelo con aceites y grasas lubricantes. Todos los residuos que se generen en una situación de este tipo deben ser recogidos y llevados a un sitio autorizado para su depósito y confinamiento.	Prevención y reducción	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	Reglamento interno de construcción	Manejar los residuos de manera responsable en caso de una emergencia	Mensual	Sanciones al que incumpla el reglamento interno/programa de mantenimiento y supervisión ambiental del proceso de construcción.
	Al finalizar la jornada de cimentación o colado, se deberán recoger todos los residuos de mezcla de concreto, arena y grava; en casos de que los volúmenes de desperdicios de los mismos sean mínimos, se deberán depositar en las primeras capas del relleno y compactado de las cepas. Además, los restos del descimbrado se deberán retirar del sitio y disponer en un almacén temporal.	Reducción y prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	LGPGIR y su Reglamento	Manejar los residuos para evitar dispersión y contaminación	Mensual	Número de áreas con manejo adecuado de residuos
	Colocar contenedores rotulados para la disposición de residuos urbanos en los frentes de trabajo y área de oficinas y almacenes; estos residuos deben ser llevados al sitio de disposición final autorizados por el municipio.	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	LGPGIR y su Reglamento	Manejar los residuos para evitar dispersión y contaminación	Mensual	Número de contenedores por áreas en construcción

Elemento ambiental	Actividad	Tipo de Medida	Responsable	Duración	Recursos	Fuente de información	Objetivo	Periodicidad	Método cálculo
	Para la disposición temporal de los residuos peligrosos se debe contar con un almacén temporal que tenga las características indicadas en el art. 82 del Reglamento de la LGPGIR, además los recipientes o tambos para su almacén deberán estar rotulados y su transporte y disposición final será realizado a través de una empresa autorizada por la SEMARNAT.	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	LGPGIR y su Reglamento	Manejo adecuado de los residuos peligrosos conforme a la normatividad y habilitación de almacén de residuos peligrosos conforme a las necesidades de la obra	Mensual	Control de entrada y salida de los residuos en el almacén temporal
	Los RP´s como estopas impregnadas, envases de lubricantes, suelo impregnado, aceite quemado, etc., deberán ser depositados en los recipientes indicados en el almacén temporal, y entregados posteriormente a una empresa autorizada por la SEMARNAT para su manejo y disposición.	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	LGPGIR y su Reglamento	Manejo adecuado de los residuos peligrosos conforme a la normatividad	Mensual	Control de entrada y salida de los residuos en el almacén temporal
	Remover el suelo donde hayan ocurrido derrames de combustibles y/o aceites, y depositarlos en los contenedores para RP´s	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	Económicos	LGPGIR y su Reglamento	Manejo adecuado de los residuos peligrosos conforme a la normatividad	Mensual	Metros cúbicos de suelo contaminado y manejado conforme a la normatividad

6.3.3 Aspectos estéticos

Tabla VI. 7. Actividades de mitigación para la subcategoría de Paisaje

Elemento ambiental	Actividad	Tipo de Medida	Responsable	Duración	Recursos	Fuente de información	Objetivo	Periodicidad	Método Calculo
Paisaje calidad paisajística	Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria y los vehículos de acarreo, para evitar emisión de gases contaminantes mayores a los límites permitidos en la normatividad correspondiente	Prevención	Supervisor ambiental	Prep. sitio-Construcción	Ninguno	NOM-041-SEMARNAT-2006, NOM-045-SEMARNAT-2006	Cumplir con el reglamento interno en materia de parque vehicular	Mensual	bitácoras de mantenimiento/seguimiento a programa de mantenimiento
	Se respetará la vegetación que no represente un obstáculo para la construcción y operación de la línea. Se responsabilizará al contratista de cualquier ilícito en el que incurra él o sus trabajadores. la remoción de la vegetación se llevará a cabo básicamente por medios manuales (hachas, machetes y motosierras) y de manera paulatina y direccional a fin de permitir que las especies de fauna silvestre presentes en el área tengan posibilidad de alejarse del sitio. En caso de que se utilice maquinaria pesada, se deberá respetar la superficie mínima establecida para la apertura de las áreas de acceso a los sitios construcción.	Prevención	Supervisor ambiental	Prep sitio-Construcción	económicos	Ley Forestal, Plan de Manejo de Vegetación, NOM-059-SEMARNAT 2010	Verificar la remoción de la vegetación en zonas autorizadas	Mensual	Superficie autorizada/ superficie removida

6.3.4 Aspectos socioeconómicos

Tabla VI. 8. Actividades de mitigación para la subcategoría Seguridad del personal de obra (todas las áreas)

Elemento ambiental	Actividad	Tipo de Medida	Responsable	Duración	Recursos	Fuente de información	Objetivo	Periodicidad	Método Calculo
Seguridad al personal de obra	Contar con un botiquín de emergencias con el material necesario e indispensable para la protección y curación del personal; así como identificar el centro de salud más cercano a los frentes de obra	Prevención	Supervisor ambiental/seguridad	Prep sitio-Construcción	Ninguno	Reglamento interno, NOM-017-STPS-2001	Resguardar la integridad del personal que labora en el proyecto	Mensual	Número de sanciones al incumplimiento del reglamento y la normatividad
	Proveer al personal con equipo de protección personal y capacitación en medidas de seguridad e higiene.	Prevención	Supervisor ambiental/seguridad	Prep sitio-Construcción	Económicos	Reglamento interno, NOM-017-STPS-2002	Resguardar la integridad del personal que labora en el proyecto	Mensual	Número de sanciones al incumplimiento del reglamento y la normatividad
	Cuando sea necesario, a lo largo de la línea de transmisión y subestación se colocarán estratégicamente señales de riesgo y/o precaución, dirigidas específicamente hacia la población.	Prevención	Supervisor ambiental/seguridad	Prep sitio-Construcción	Económicos	Reglamento interno, NOM-017-STPS-2003	Resguardar la integridad del personal que labora en el proyecto	Mensual	Número de sanciones al incumplimiento del reglamento y la normatividad

6.4 Programa de vigilancia Ambiental

El Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) tiene por objeto definir un sistema que permita verificar el cumplimiento de las medidas ambientales definidas en este Documento al objeto de minimizar los posibles impactos ambientales asociados a la ejecución del proyecto".

Adicionalmente, la información que facilite dicho Programa permitirá, en el caso de que sea necesario, la definición de nuevas medidas que eviten que se generen impactos no previstos o se corrijan las posibles afecciones no consideradas inicialmente.

Objetivos del PVA

a) Vigilancia ambiental durante las fases del proyecto.

1. Detectar y corregir desviaciones, con relevancia ambiental, respecto a lo proyectado en el proyecto de construcción.
2. Supervisar la correcta ejecución de las medidas ambientales.
3. Determinar la necesidad de suprimir, modificar o introducir nuevas medidas.
4. Seguimiento de la evolución de los elementos ambientales relevantes.

b) Seguimiento ambiental durante la fase de construcción. el estudio de impacto ambiental justificará la extensión temporal de esta fase, considerando la relevancia ambiental de los efectos adversos previstos:

1. Verificar la correcta evolución de las medidas aplicadas en la fase de obras.
2. Seguimiento de la respuesta y evolución ambiental del entorno a la implantación de la actividad.
3. Diseñar los mecanismos de actuación ante la aparición de efectos inesperados o el mal funcionamiento de las medidas correctoras previstas.

Para conseguir estos objetivos el Programa de Vigilancia Ambiental debe describir con el suficiente grado de detalle el seguimiento que se va a hacer de las medidas correctoras y de los elementos del medio natural.

Se deben especificar los plazos estipulados para su realización, la frecuencia de controles, el espacio físico a controlar, los métodos a utilizar, el equipo humano implicado, los equipos de medida a emplear, etc.

6.4.1 Fichas técnicas de control de aspectos ambientales

El Programa de Vigilancia Ambiental se articula sobre el seguimiento de los siguientes aspectos ambientales de conformidad con las "Medidas prevención y mitigación de los impactos ambientales

- Protección de la calidad del aire.
- Protección del suelo.
- Gestión de residuos.
- Protección de escurrideros y arroyos, manejo de aguas residuales.
- Minimización de la afección a la biodiversidad
- Restricción de personal ajeno al proyecto
- Protección del patrimonio histórico y cultural.

Para cada uno de estos aspectos y elementos del ambiente y con el objeto de verificar el cumplimiento de las medidas de protección asociadas a los mismos, se define una ficha de control compuesta por indicadores de realización, verificación, umbrales críticos y observaciones.

Asimismo, estas fichas de control deberán ser modificadas, en número y/o contenido, por el responsable ambiental, si procede, en función de los posibles cambios y/o adiciones que defina la autorización en materia de evaluación ambiental que autorice la ejecución del proyecto.

Las fichas de control asociadas al seguimiento ambiental de la ejecución del proyecto son las siguientes:

Tabla VI.9. Fichas de control -

ASPECTO - PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE	CONTROL DE LA EMISIÓN DE POLVO Y PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN				
INDICADOR REALIZACIÓN	VERIFICACIÓN			UMBRALES CRÍTICOS	OBSERVACIONES
	SI	NO	N/A		
Limpiezas periódicas					
La calidad y visibilidad de la zona de obras son buenas.					
Se aprecian en la zona de obras depósitos de polvo.					
Los acopios de materiales sueltos están cubiertos con lonas.					
Transporte de materiales					
Se han efectuado riegos periódicos en todos los caminos de acceso a la obra, así como en zonas en las que se realicen movimientos de tierra.					
La velocidad de tránsito de maquinaria de obra no supera los 30 Km/h.					
Se han transportado los materiales susceptibles de emitir polvo, debidamente cubiertos.					
Condiciones técnicas de vehículos					
Toda la maquinaria en obra cumple con el mantenimiento, revisión y puesta a punto que prescribe el fabricante y las normas que sean de aplicación.					
Se ha comprobado un correcto ajuste de los motores, que la potencia de la máquina se adecua al trabajo a realizar, que el estado de los tubos de escape es el correcto y el empleo de catalizadores					

ASPECTO - PREVENCIÓN DE LA AFECTACIÓN ACÚSTICA	CONTROL DE LOS NIVELES ACÚSTICOS				
INDICADOR REALIZACIÓN	VERIFICACIÓN			UMBRALES CRÍTICOS	OBSERVACIONES
	SI	NO	N/A		
Condiciones técnicas de vehículos					
Se ha comprobado que el nivel de potencia acústica de las máquinas de obra es igual o inferior a los límites fijados por la normativa					
La velocidad de tránsito de maquinaria de obra no supera los 30 Km/h.					
Planificación de las actuaciones de obra					
Se ha comprobado que se han utilizado exclusivamente las rutas definidas en el Documento Ambiental					

CONTROL DE LA ALTERACIÓN DEL SUELO					
INDICADOR REALIZACIÓN	**VERIFICACIÓN**			**UMBRALES CRÍTICOS**	**OBSERVACIONES**
	SI	**NO**	**N/A**		
Si fueran descubiertos zonas con suelos contaminados, se han caracterizado y manejado según la normativa vigente					
Se ha comprobado que las zonas de instalaciones auxiliares se restringen a las áreas definidas en el proyecto y estudio ambiental					
El acopio de tierra vegetal se ha efectuado en el perímetro establecido					
Se ha extendido la tierra vegetal acopiada en las áreas definidas en el proyecto					
Se evita la compactación innecesaria del suelo por el paso de maquinaria y vehículos de transporte					
La profundidad del desmonte se ajusta a lo establecido en la naturaleza de la actividad					
Se ha llevado a cabo la caracterización y gestión legalmente exigida de los suelos contaminados (si hubiesen aparecido)					

GESTIÓN DE RESIDUOS					
INDICADOR REALIZACIÓN	VERIFICACIÓN			UMBRALES CRÍTICOS	OBSERVACIONES
	SI	NO	N/A		
Se ha revisado el Plan de Gestión de Residuos de obra y comprobado su adecuación a la normativa vigente					
Se ha informado al personal de la obra del procedimiento para la recolección selectiva de residuos					
Se ha efectuado la recogida de los residuos de forma diferenciada por materiales					
Se ha construido y establecido un punto limpio dentro del recinto de la obra para el manejo temporal de los residuos conforme a su naturaleza					
Se han designado zonas temporales con contenedores de menor tamaño cercanas a los tajos de obra					
Se han designado zonas de acopio para los residuos de gran volumen como los residuos de excavación (tierras) y residuos de concreto					
Se ha diseñado un plan de recogida in situ de los residuos diferenciados que incluya medios materiales y humanos para su ejecución					
Se han instalado paneles informativos sobre la separación selectiva de residuos y zonas de recolección de residuos.					
Se han concretado en el Plan de Gestión de Residuos de Construcción					
Se ha comprobado que en la gestión de residuos peligrosos generados se han cumplido todos los requisitos legalmente exigibles					

PROTECCIÓN DE ESCURRIDEROS, ARROYOS Y MANEJO DE AGUAS RESIDUALES.					
INDICADOR REALIZACIÓN	VERIFICACIÓN			UMBRALES CRÍTICOS	OBSERVACIONES
	SI	NO	N/A		
Se han ubicado correctamente los baños portátiles de la obra fuera de las zonas de arroyos y escurrideros.					
Las tareas de limpieza y mantenimiento de la maquinaria de obra se realizan en zonas acotadas evitando la contaminación del suelo y los escurrimientos superficiales					
Se han instalado o promovido barreras de protección en caso de derrames accidentales					

MINIMIZACIÓN DE LA AFECCIÓN A LA BIODIVERSIDAD					
INDICADOR REALIZACIÓN	VERIFICACIÓN			UMBRALES CRÍTICOS	OBSERVACIONES
	SI	NO	N/A		
Protección de la vegetación y fauna silvestre					
Se ha evitado la dispersión de efectos y residuos de la obra, impidiendo el paso de personas y/o maquinaria y delimitando los caminos de obra					
Se ha evitado la compactación de areas y superficies innecesarias por ejecución de las obras que haya resultado afectada por desmonte y compactación del suelo.					
Si ha sido posible, se ha efectuado la programación de las obras evitando las actuaciones más ruidosas durante la época de cría de la avifauna (principalmente fuera del período marzo a julio)					
Se ha efectuado o promovido el ahuyentamiento de la fauna con carácter previo al inicio de la obra					
Se han evitado crear lugares atractivos para la fauna como zonas de acumulación de agua, encharcamientos o vertederos de residuos orgánicos					

RESTRICCION DE PERSONAL AJENO AL PROYECTO					
INDICADOR REALIZACIÓN	**VERIFICACIÓN**			**UMBRALES CRÍTICOS**	**OBSERVACIONES**
	SI	**NO**	**N/A**		
Se ha delimitado el paso de vehículos pesados por el camino de accesos que exclusivamente es el definido en el estudio ambiental					
Se ha impedido el paso o intrusión de maquinaria y/o personas en las zonas identificadas como de interés arqueológico					
Se ha impedido la ubicación de cualquier instalación y/o depósito de material o residuos de cualquier clase en los terrenos en las zonas identificadas como de interés arqueológico					
Se han instalado la zona de instalaciones auxiliares de obra según determina el estudio ambiental					
Se han instalado o promovido barreras de protección en caso de derrames accidentales					

PROTECCION DEL PAISAJE Y PATRIMONIO HISTORICO CULTURAL					
INDICADOR REALIZACIÓN	**VERIFICACIÓN**			**UMBRALES CRÍTICOS**	**OBSERVACIONES**
	SI	**NO**	**N/A**		
Finalizadas las obras, se ha extendido la tierra vegetal en el perímetro de la zona del proyecto, se ha evitado su compactación					
Durante la realización de las obras, ha sido detectado algún indicio de yacimiento arqueológico, paleontológico o etnográfico no inventariado					
Tras la detección, se ha comunicado inmediatamente al INAH					

El seguimiento ambiental en base a las fichas definidas exigirá la realización de un conjunto de comprobaciones y análisis que constituirán la base necesaria para la redacción de unos Informes que acreditarán documentalmente el cumplimiento del Programa.

Estos informes serán elaborados por el responsable ambiental y aprobados por el residente de obra y contarán con el visto bueno del Residente de supervisión.

Los Informes a elaborar serán los siguientes:

Informes semestrales de seguimiento ambiental de las obras: en los que se acredite expresamente el cumplimiento de las medidas definidas y que apliquen al período concreto que refieran, e incluirán las fichas de control cumplimentadas que se definen en el siguiente apartado.

Informe final de obra: en el que se acredite expresamente el cumplimiento de las medidas definidas, incluyendo las fichas de control debidamente cumplimentadas que no hayan sido ya incluidas en los informes semestrales.

Informes especiales: Se emitirán cuando exista alguna afección no prevista o cualquier aspecto que precise de una actuación que, por su importancia, merezca la emisión de un informe específico. Estarán referidos a un único tema, no sustituyendo a ningún otro informe.

La elaboración de los mencionados informes no eximirá del cumplimiento de toda la normativa vigente de carácter comunitario, estatal, autonómico y local, que guarde relación con el medio, acción o efecto sometido a vigilancia y control ambiental.

6.4.2 Seguimiento y control (monitoreo)

Para la adecuada ejecución del seguimiento ambiental de los impactos generados por la fase de construcción de los proyectos, se llevará a cabo los correspondientes estudios, muestreos y análisis de los siguientes factores del medio ambiente, al objeto de facilitar al responsable ambiental la información suficiente para cumplimentar las fichas de control y los indicadores que incluyen, cuyo objetivo es acreditar el cumplimiento de las medidas de protección del medio definidas en la Manifestación de impacto ambiental.

Adicionalmente, y si procede, estos indicadores deberán ser utilizados por el responsable ambiental para identificar potenciales impactos contemplados y no contemplados en este Documento Ambiental, y el alcance de los mismos.

En cualquier caso, las fichas de control, con los indicadores que incluyen, deben ser consideradas como los parámetros mínimos a seguir, pudiendo ser ampliados por el responsable ambiental, modificando su contenido y/o número si así lo exige la correcta protección ambiental del medio y la progresión de las obras.

6.4.3 Plan de prevención y mitigación del proyecto.

En las siguientes tablas se muestra a continuación el plan específico por elemento y aspecto ambiental.

Tabla VI. 10. Planes de prevención y mitigación de impactos.

Plan de prevención y mitigación de impactos Programa de prevención y mitigación al recurso vegetación								
Objetivo estratégico	Prevenir y minimizar los impactos negativos al recurso Vegetación					**Responsable:** responsable medio ambiente		
Lugar de aplicación	Área del proyecto, área de influencia					Plazos		
Aspecto ambiental /elemento	**Impacto identificado**	**Medidas propuestas**	**Indicadores de control**	**Medios de verificación**	**Recursos**	**Inicio**	**Periodicidad**	**Finalización**
Vegetación	Perdida de la cobertura	Programa de rescate de flora, Vigilancia del proceso de remoción de vegetación, colecta de germoplasma, vigilancia de la prohibición del uso de químicos y fuego en proceso de construcción.	Número de organismos rescatados, superficie desmontada contra la autorizada	Bitácora de rescate, bitácora de desmonte, lista de verificación, informe fotográfico	Humanos, financieros, técnicos, equipos diversos, vivero	mes 1	trimestral	mes tres
Vegetación	Cambios en la composición de las especies	Programa de rescate de flora, Vigilancia del proceso de desmonte	Número de organismos rescatados, superficie desmontada contra la autorizada	Bitácora de rescate, bitácora de desmonte, lista de verificación, informe fotográfico	Humanos, financieros, técnicos, equipos diversos, vivero	mes 1	trimestral	mes tres

Plan de prevención y mitigación de impactos programa de prevención y mitigación al recurso fauna								
Objetivo estratégico	Prevenir y minimizar los impactos negativos al recurso Fauna					**Responsable:** responsable medio ambiente		
Lugar de aplicación	Franja del proyecto, área de influencia					Plazos		
Aspecto ambiental /elemento	**Impacto identificado**	**Medidas propuestas**	**Indicadores de control**	**Medios de verificación**	**Recursos**	**Inicio**	**Periodicidad**	**Finalización**

Plan de prevención y mitigación de impactos programa de prevención y mitigación al recurso fauna								
Objetivo estratégico	Prevenir y minimizar los impactos negativos al recurso Fauna					**Responsable:** responsable medio ambiente		
Lugar de aplicación	Franja del proyecto, área de influencia					Plazos		
Fauna	Modificación de abundancia y distribución	Programa de rescate de fauna	Número de individuos rescatados en relación individuos observados	Bitácora de rescate, lista de verificación, lista de asistencia, fotografías	Humanos, financieros, técnicos, equipos diversos	mes 1	mensual	mes 36
Fauna	Cambios en la composición	Programa de rescate de fauna, Vigilancia del proceso de desmonte	Número de individuos rescatados en relación individuos observados / número de organismos afectados por la construcción	Bitácora de manejo y conservación de fauna, lista de verificación, lista de asistencia, fotografías	Humanos, financieros, técnicos, equipos diversos	mes 1	mensual	mes 36
Fauna	Afectación a especies comerciales	Programa de rescate de fauna, Vigilancia de las actividades de construcción	Número de individuos rescatados/ números de especies comerciales observadas	Bitácora de manejo y conservación de fauna, lista de verificación, lista de asistencia, fotografías	Humanos, financieros, técnicos, equipos diversos	mes 1	mensual	mes 36
Fauna	Afectación a especies en status	Programa de rescate de fauna, Vigilancia de las actividades de construcción	Número de individuos rescatados/ números de especies comerciales observadas	Bitácora de manejo y conservación de fauna, lista de verificación, lista de asistencia, fotografías	Humanos, financieros, técnicos, equipos diversos	mes 1	mensual	mes 36

Conservación in situ

Como parte de una de las medidas de mitigación central para la conservación y preservación de la fauna silvestre, se mantendrá intacto y sin alterar un canal que conduce el agua y que cruza por el medio del predio con la finalidad de permitir y dar continuidad a las relaciones de traslado y movimiento de agua, refugio y toma de agua de la fauna de la zona., así mismo se señala que como parte fundamental para evitar la dispersión o el establecimiento de barreras físicas se establecerán medidas encaminadas a permitir el flujo de la fauna al dejar un espacio de 70 cms de altura del nivel del terreno natural al límite más bajo del cerco perimetral.

Plan de prevención y mitigación de impactos programa de prevención y mitigación al recurso aire								
Objetivo estratégico	Prevenir y minimizar los impactos negativos al recurso Aire					**Responsable:** responsable medio ambiente		
Lugar de aplicación	franja del proyecto, área de influencia					plazos		
Aspecto ambiental /elemento	**Impacto identificado**	**Medidas propuestas**	**Indicadores de control**	**Medios de verificación**	**Recursos**	**Inicio**	**Periodicidad**	**Finalización**
Aire	Contaminación atmosférica (calidad)	Programa de mantenimiento y verificación de equipo y maquinaria, Capacitación. Riego de control.	Número de vehículos verificados / número total de vehículos, Número de operadores capacitados/ Número de operadores total, Número de riego/ área	Bitácora de mantenimiento, lista de verificación, lista de asistencia, fotografías	Humanos, financieros, técnicos	mes 1	mensual	mes 36
Aire	Contaminación atmosférica (ruido)	Programa de mantenimiento y verificación de equipo y maquinaria, Capacitación. Riego de control	Número de vehículos verificados / número total de vehículos, Número de operadores capacitados/ Número de operadores total, Número de riego/ área	Bitácora de mantenimiento, lista de verificación, lista de asistencia, fotografías	Humanos, financieros, técnicos	mes 1	mensual	mes 36

Plan de prevención y mitigación de impactos programa de prevención y mitigación al recurso agua								
Objetivo estratégico	Prevenir y minimizar los impactos negativos al recurso Hidrología					**Responsable:** responsable medio ambiente		
Lugar de aplicación	franja del proyecto, área de influencia					plazos		
Aspecto ambiental /elemento	**Impacto identificado**	**Medidas propuestas**	**Indicadores de control**	**Medios de verificación**	**Recursos**	**Inicio**	**Periodicidad**	**Finalización**
Hidrología	Contaminación del recurso agua	Programa de mantenimiento y verificación de equipo y maquinaria, Capacitación, control del desmonte, colocación de baños portátiles, control de residuos de obra	Número de vehículos verificados / número total de vehículos, Número de operadores capacitados/ Número de operadores total, superficie desmontada/ superficie autorizada, lista de control de residuos de construcción	Bitácora de mantenimiento, lista de verificación, lista de asistencia, fotografías, verificación control del picado y residuos	Humanos, financieros, técnicos	mes 1	mensual	mes 36
Hidrología	Cambios en los patrones de drenaje	Control del desmonte, capacitación a operadores	Número de vehículos verificados / número total de vehículos, Número de operadores capacitados/ Número de operadores total, Número de riego/ área	lista de verificación, lista de asistencia, fotografías	Humanos, financieros, técnicos	mes 1	semestral	mes 6

Plan de prevención y mitigación de impactos Programa de prevención y mitigación al recurso suelo								
Objetivo estratégico	Prevenir y minimizar los impactos negativos al recurso Suelo					**Responsable:** responsable medio ambiente		
Lugar de aplicación	franja del proyecto, área de influencia					Plazos		
Aspecto ambiental /elemento	**Impacto identificado**	**Medidas propuestas**	**Indicadores de control**	**Medios de verificación**	**Recursos**	**Inicio**	**Periodicidad**	**Finalización**
Suelo	Contaminación del recurso suelo	Programa de mantenimiento y verificación de equipo y maquinaria, Capacitación, control del desmonte, colocación de baños portátiles, control de residuos de obra	Número de vehículos verificados / número total de vehículos, Número de operadores capacitados/ Número de operadores total, lista de control de residuos de construcción	Bitácora de mantenimiento, lista de verificación, lista de asistencia, fotografías	Humanos, financieros, técnicos	mes 1	mensual	mes 36
Suelo	Cambios en los características físico-químicas	Programa de mantenimiento y verificación de equipo y maquinaria, Capacitación, control del desmonte, colocación de baños portátiles, control de residuos de obra	Número de vehículos verificados / número total de vehículos, Número de operadores capacitados/ Número de operadores total, lista de control de residuos de construcción	Bitácora de mantenimiento, lista de verificación, lista de asistencia, fotografías	Humanos, financieros, técnicos	mes 1	mensual	Mes 36
Suelo	Aumento en los niveles de erosión	Control del desmonte	superficie desmontada / superficie autorizada	bitácora del desmonte, lista de verificación, lista de asistencia, fotografías, verificación control del picado y residuos	Humanos, financieros, técnicos	mes 4	semestral	mes 10

Plan de prevención y mitigación de impactos programa de prevención y mitigación al recurso paisaje								
Objetivo estratégico	Prevenir y minimizar los impactos negativos al recurso Paisaje					**Responsable:** responsable medio ambiente		
Lugar de aplicación	franja del proyecto, área de influencia					Plazos		
Aspecto ambiental /elemento	**Impacto identificado**	**Medidas propuestas**	**Indicadores de control**	**Medios de verificación**	**Recursos**	**Inicio**	**Periodicidad**	**Finalización**
Paisaje	Afectación calidad visual (operación)	Control del desmonte, desmonte de vegetación en zonas autorizadas	Superficie desmontada contra la autorizada	Bitácora del desmonte, lista de verificación, lista de asistencia, fotografías, verificación control del picado y residuos	Humanos, financieros, técnicos	mes 1	mensual	mes 3
Paisaje	Afectación calidad visual (manejo inadecuado de residuos)	Control de residuos de obra	Lista de control de residuos de construcción	Lista de verificación, lista de asistencia, fotografías	Humanos, financieros, técnicos	mes 1	mensual	mes 36
Paisaje	Afectación calidad visual (procesos erosivos)	Control del desmonte, desmonte de vegetación en zonas autorizadas, control del picado y esparcido de la vegetación	Superficie desmontada/ superficie autorizada	Bitácora del desmonte, lista de verificación, lista de asistencia, fotografías, verificación control del picado y residuos	Humanos, financieros, técnicos	mes 4	semestral	mes 10

Considerando los resultados obtenidos en el capítulo V de esta MIA, se puede afirmar que los impactos residuales negativos de mayor significancia corresponden al paisaje, y fauna silvestre como consecuencia de la instalación de la línea de transmisión y la subestación eléctrica, sin embargo es importante mencionar que la zona donde se inserta el proyecto presenta previamente actuaciones humanas que han modificado el paisaje natural como caminos, áreas agrícolas, comunidades urbanas e infraestructura de diversas naturalezas.

El resto de los impactos negativos residuales resultaron clasificados como Inapreciables y Menores, por lo que no se consideran necesarias medidas de mitigación adicionales a las ya propuestas en este capítulo.



Figura 1. Impactos por proyectos de transmisión de energía. (Visual)

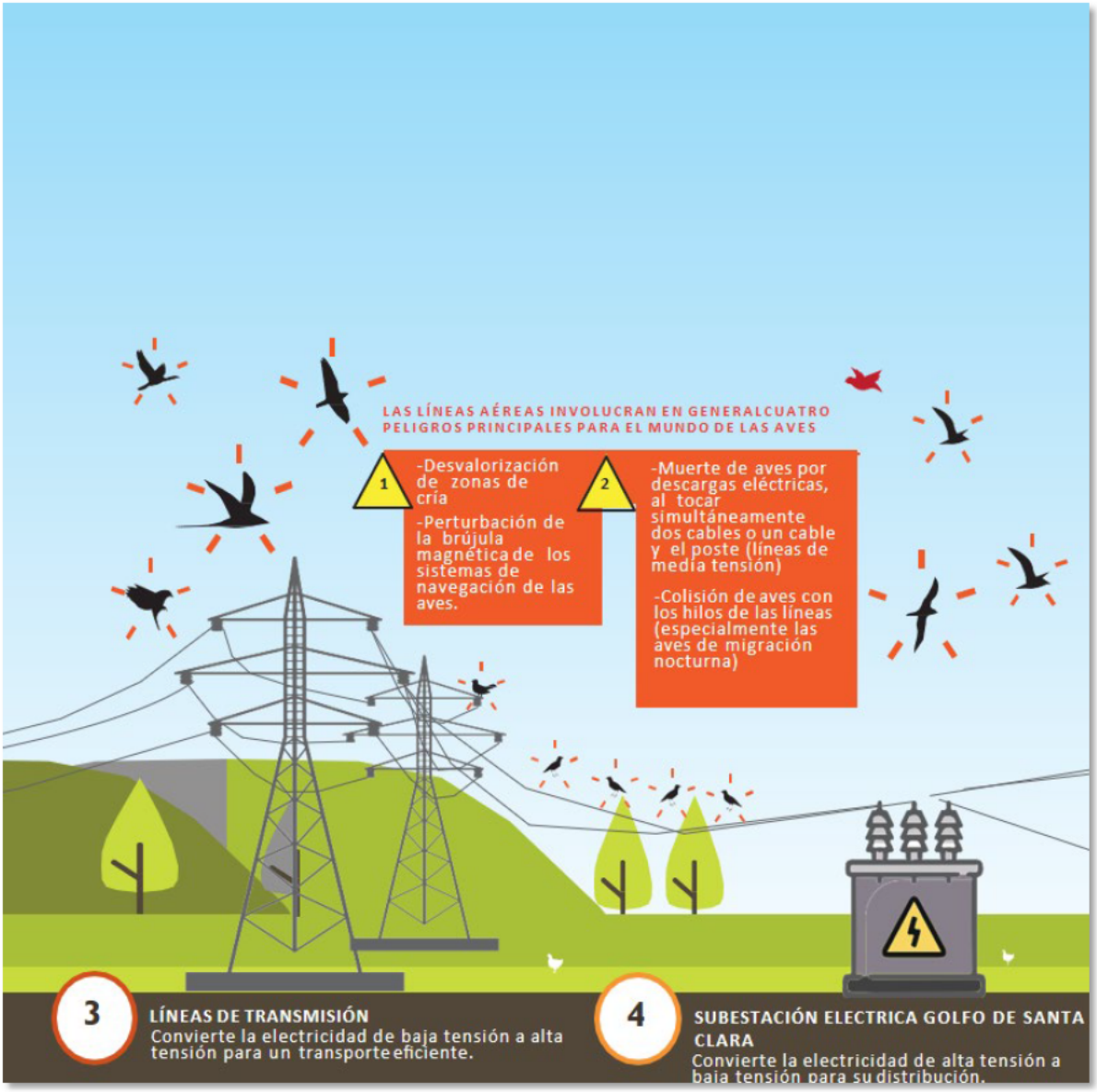


Figura 2. Impactos por proyectos de transmisión de energía. (Fauna)

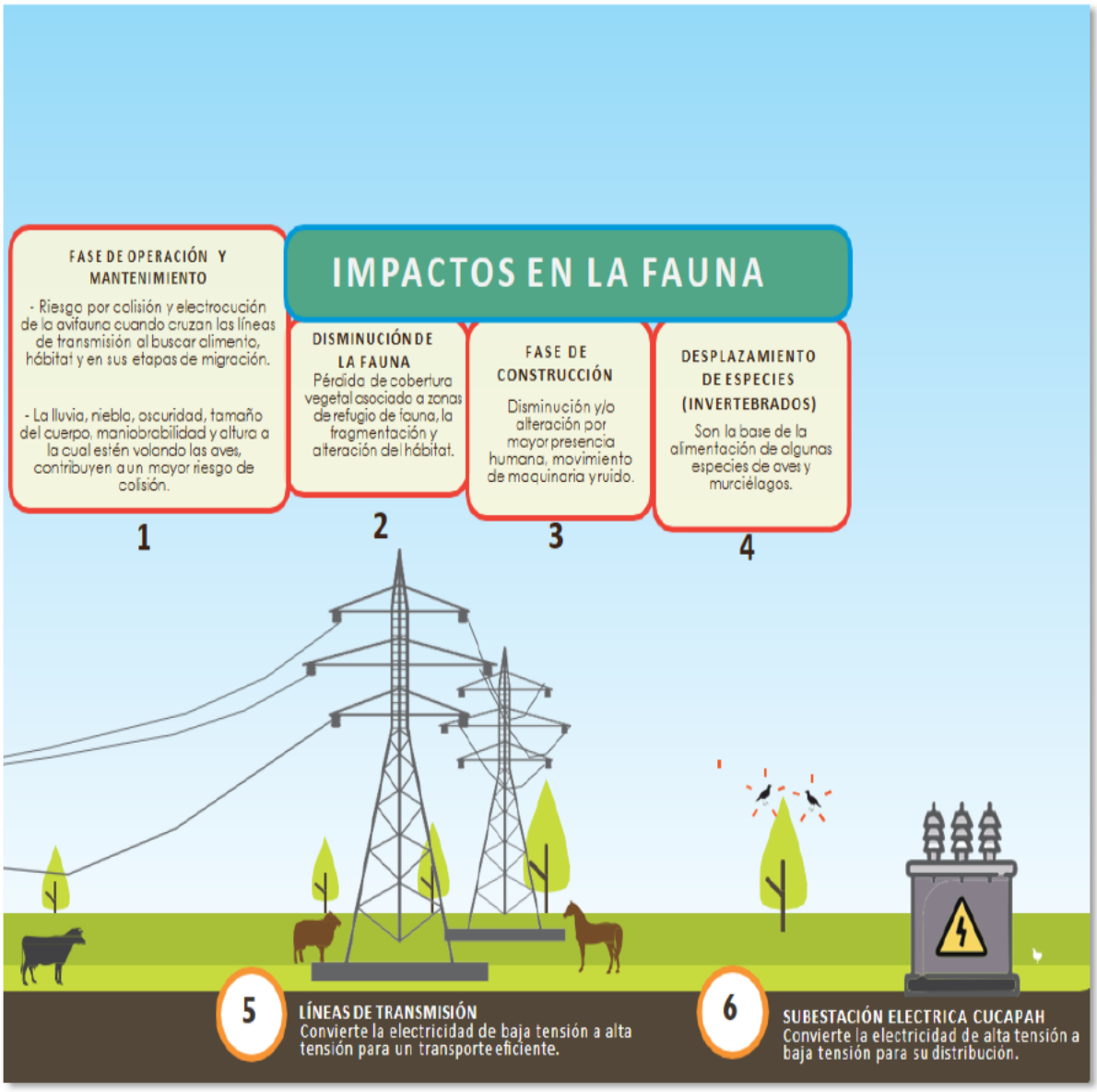


Figura 3. Impactos por proyectos de transmisión de energía (Fauna) continuación

6.4.4 Seguimiento y monitoreo

En el caso de este proyecto, el objetivo de la vigilancia y control es verificar si durante el desarrollo del mismo se cumple con las disposiciones de las leyes y reglamentos aplicables en materia de impacto ambiental, contaminación atmosférica, residuos peligrosos, contaminación originada por la emisión de ruido y normas oficiales mexicanas aplicables.

Por otra parte, el programa permitirá cuantificar impactos cuya afectación fue difícil prever durante la evaluación del impacto ambiental, para así modificar o establecer las medidas de mitigación adecuadas, en caso de que las ya aplicadas no sean suficientes. Igualmente podrá detectar impactos o alteraciones no previstos en el estudio de impacto ambiental, debiendo en este caso, adoptarse medidas de remediación o compensación.

El seguimiento de las actividades de prevención y mitigación deberá soportarse documentalmente con los siguientes instrumentos:

Bitácora: En esta se especificarán las actividades realizadas durante el día.

Reporte mensual: En este reporte se señalará el desarrollo de las actividades de la obra, además de señalar la forma en que se llevó a cabo la medida de mitigación del impacto generado.

Memoria fotográfica: El reporte mensual deberá incluir un anexo fotográfico. Las fotografías que se incluyan deberán avalar y evidenciar la implementación de las medidas de mitigación durante el desarrollo de actividades realizadas en el mes.

Reporte final: Este se deberá elaborar en manera de evaluación y conclusión del desarrollo de la obra; de ser necesario, se entregará un informe final a las autoridades que así lo requieran.

El supervisor ambiental será responsable del manejo ambiental, seguimiento de la aplicación de las medidas de mitigación, del seguimiento, así como, la evaluación de forma continua de los impactos ambientales. Además, será responsable de:

- Dirigir y documentar las inspecciones del medio ambiente.
- Proporcionar apoyo técnico para las actividades del cumplimiento ambiental.
- Organizar y supervisar el monitoreo y reubicación de herpetofauna.
- Organizar y supervisar el monitoreo de aves y mamíferos.
- Preparar los informes requeridos (bitácora, reporte mensual, memoria fotográfica).

Para evaluar la efectividad de las medidas propuestas anteriormente, se proponen los siguientes indicadores.

Tabla VI. 11. Indicadores para evaluar efectividad de medidas ambientales antes descritas

Factor ambiental	Aplica a todos los factores
Medida	Realización de talleres participativos con todo el personal involucrado en la construcción de la línea, se les mencionará la importancia de conservar el ambiente, y las sanciones legales que implica hacer uso inadecuado de la flora y fauna sin contar con los permisos correspondientes
Resultado esperado	Fomentar la participación voluntaria en la conservación de la biodiversidad Evitar la extracción y saqueo de especies por parte del personal del contratista involucrado en la obra.
Indicador	$$R_1 = (100) * \frac{I_c}{I_C}$$ Donde: R_1= Efectividad de los talleres participativos IC = Número de trabajadores que se contrataron para la construcción del proyecto Ic = Número de trabajadores que asistieron a los talleres <u>Efectividad de la medida</u> Efectiva >89 =100 Medianamente efectiva >78 <89% Poco efectiva >66 <78%
Factor ambiental	**Flora**
Medida	El desmonte será de forma direccionada con el fin de que el material derribado quede al interior del predio, y de esta forma evitar la afectación de la vegetación contigua al predio del Proyecto.
Resultado esperado	Minimizar las áreas afectadas por el desmonte de la obra.
Indicador	$$R_2 = \frac{SR_{CUSTF}}{SS_{CUSTF}} * 100$$ Donde: R_2= Efectividad de la medida SRCUSTF= Superficie donde se realizó el desmonte de la obra SSCUSTF= Superficie solicitada para el desmonte de la obra <u>Efectividad de la medida</u> Efectiva ≤ 80% Medianamente efectiva > 80 ≤85% Poco efectiva >85%
Factor ambiental	**Flora y fauna**

Factor ambiental	Aplica a todos los factores
Medida	Realizar actividades de rescate y reubicación de flora y fauna a especies de importancia ecológica
Resultado esperado	Rescate y reubicación de especies de importancia ecológica y aquellas con incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010
Indicador	$$R_3 = \frac{I_r}{I_R} * 100$$ Donde: R3 = Efectividad en la reubicación IR = Número de individuos rescatados Ir = Número de individuos reubicados <u>Efectividad de la medida</u> Efectiva >85% Medianamente efectiva >75 ≤85% Poco efectiva <75%
Factor ambiental	**Flora**
Medida	Realizar un monitoreo en un periodo de seis meses como mínimo sobre las especies de flora rescatadas para evaluar su sobrevivencia.
Resultado esperado	Evaluar la sobrevivencia de las especies reubicadas
Indicador	$$R_4 = \frac{Iv}{Ir} * 100$$ Donde: R_4 = Efectividad en supervivencia IV = Número de individuos vivos Ir= Número de individuos reubicados <u>Efectividad de la medida</u> Efectiva >85 =100% Medianamente efectiva >75 <85% Poco efectiva <75%
Factor ambiental	**Agua**
Medida	Se vigilará que la vegetación removida por el desmonte de la obra y que pudiera caer sobre cuerpos de agua sea retirada de forma inmediata, haciendo un manejo adecuado de los residuos vegetales.
Resultado esperado	Al término de la a jornada, durante la realización de la remoción de la vegetación por el desmonte de la obra diaria, se retirarán los residuos vegetales que hayan caído en cuerpos de agua.
Indicador	$$R_6 = \frac{CL}{CI} * 100$$ Donde: R_6= Efectividad de la medida

Factor ambiental	Aplica a todos los factores
	CL= Cuerpos de agua limpiados CI= Cuerpos de agua con residuos de material vegetal Efectividad de la medida Efectiva = 100% Medianamente efectiva ≥95 100% Poco efectiva <95%
Factor ambiental	**Suelo y agua**
Medida	Mantener un Manejo Integrado de residuos sólidos que consistirá en levantar diariamente al término de la jornada, los residuos generados en las diferentes actividades de la obra, y disponerlos en contenedores rotulados debidamente para su separación en orgánicos e inorgánicos.
Resultado esperado	Descartar la contaminación de cuerpos de agua y/o suelo, por residuos sólidos municipales, además de considerar que la obra no contempla en ninguna de sus actividades el uso de sustancias químicas que pudieran modificar las propiedades físico-químicas de estos componentes ambientales.
Indicador	$$R_7 = \frac{RC}{RG} * 100$$ Donde: R_7= Efectividad de la limpieza de cuerpos de agua RC= Cantidad de Residuos colectados RG= Cantidad de residuos generados. Efectividad de la medida Efectiva = 100% Poco efectiva <100%
Factor ambiental	**Aire**
Medida	Implementación del esquema de verificación vehicular, para que todos los vehículos que ocupe la contratista sean verificados en las instancias correspondientes a fin de dar cumplimiento a la normatividad ambiental aplicable
Resultado esperado	Contribuir a mantener la calidad del aire actual, mediante la afinación de vehículos utilizados en el proyecto
Indicador	$$R_8 = \frac{VPV}{VUP} * 100$$ Donde: R_8= Efectividad de la implementación del esquema de verificación vehicular VUP= vehículos utilizados en el proyecto VPV= vehículos que cumplieron con el esquema de verificación Efectividad de la medida Efectiva = 100% Poco efectiva <100%

6.5 Programas propuestos para la mitigación de los impactos ambientales.

Ahora bien, considerando el conjunto de medidas propuestas con anterioridad, se desprenden diversos programas que a continuación se señalan y se detallan en los anexos correspondientes.

6.5.1 Programa de rescate de flora y reubicación (Anexo en Programas)

Este programa se propone como una medida de mitigación al impacto que podría ocurrir en la vegetación, especialmente a las de importancia ecológica, aquellos ejemplares que por sus características morfológicas excepcionales representen un valor ecológico y/o cultural importante en donde se incluyeron todas especies de interés ecológico, ya que dentro del área de la línea de transmisión se encontraron dos especies con estatus de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Dicho programa atiende al menos los siguientes lineamientos:

- Listado de especies que incluirá el programa (nombres comunes y científicos).
- Técnicas de protección y conservación
- Actividades de mantenimiento propuestas.
- Calendarización de actividades.

6.5.2 Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna (Anexo en Programas)

Se propone un programa de rescate y reubicación de fauna silvestre como una medida de prevención y mitigación de los impactos ambientales que durante la realización del proyecto se ocasionarán sobre la fauna silvestre, en especial para aquellas especies en riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010; así como de aquellos individuos de lento desplazamiento.

Es importante mencionar que este programa está dirigido a: a) ahuyentar la fauna que se encuentre sobre el predio de la obra durante la etapa de preparación del sitio y construcción, b) a detectar guaridas y refugios de fauna silvestre a fin de desplazar los individuos a lugares cercanos al sitio donde fueron encontrados, pero fuera del área del proyecto, y c) a evitar la captura o cacería de estas especies por el personal de la compañía contratista, entre otras actividades.

6.5.3 Programa Manejo de Residuos Sólidos (Anexo en Programas)

Para mitigar los impactos derivados de la generación de residuos sólidos durante la preparación del sitio, la construcción y, en la operación del proyecto, será necesario diseñar los programas correspondientes de manejo de dichos residuos en todas las etapas del proceso (la recolección, transporte y disposición final).

La meta y objetivos de este programa son: a) disponer de acciones sencillas y operativas que cubran los requerimientos básicos y permitan aplicar en las etapas del proyecto la recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos no peligrosos, y b) identificar los tipos de residuos sólidos e industriales no peligrosos que generarán, contar con los mecanismos de recolección en obra y en todas las áreas de trabajo de los residuos generados, disponer de un transporte efectivo de residuos sólidos no peligrosos y crear los mecanismos para disponer de la infraestructura municipal (tiraderos a cielo abierto, rellenos sanitarios) en cuanto a la disposición final de los residuos.

6.5.4 Programa de capacitación ambiental "Cuidado del ambiente en el área de trabajo" (Anexo en Programas)

El personal involucrado en la construcción del proyecto y habitantes de zonas cercanas recibirán capacitación general sobre el cuidado del ambiente. Las pláticas de capacitación estarán enfocadas sobre la importancia de la protección y cuidado de los recursos naturales y el compromiso ambiental que deberán adquirir todos los involucrados. Estos cursos son de gran importancia ya que con ellos se estará haciendo labor de concienciación a las personas que trabajarán en el desarrollo del proyecto y que preferentemente serán de los poblados aledaños.

El objetivo y alcance de este programa son:

- Transmitir conocimientos para modificar conductas y concientizar ambientalmente al personal involucrado en las diferentes etapas de desarrollo del proyecto.
- El presente programa de capacitación es aplicable desde el inicio del Proyecto con el fin de ir observando conductas y tener tiempo de corregir alguna (s) que cause (n) daño a la zona del proyecto.

6.5.5 Controles Operacionales

Así mismo se incluyen los siguientes controles operativos y procedimientos (Ver Anexo Controles Operacionales)

- Manejo de responsabilidades ambientales a contratistas y personal de obra
- Gestión integral de residuos
- Lista de asistencia de capacitación
- Plan de contingencia ambiental
- Verificación de Maquinaria y Equipos.
- Manual Ambiental de Obra

De manera general la condición ambiental del sitio, la ausencia de ecosistemas naturales sensibles nos describe una zona que se encuentra **totalmente transformada**, correspondiendo a un **agroecosistema consolidado**, con presencia predominante de parcelas mecanizadas para el cultivo de maíz, huertos de cultivo diversos, vegetación secundaria de estructura baja y media, y ausencia total de vegetación primaria.

Los estudios de campo realizados y descritos confirman que **no existe vegetación nativa original** dentro del polígono del proyecto, ya que el territorio ha sido utilizado de manera continua para actividades agropecuarias por varios años. En consecuencia, en la zona del proyecto Fotovoltaico

No se registra hábitat crítico para especies protegidas, no se afecta la vegetación primaria ni ecosistemas con valor de conservación, no existen comunidades vegetales enlistadas en NOM-059 con presencia significativa, la fauna observada corresponde a especies **generalistas**, típicas de ambientes rurales, si con la presencia de especies de valor, pero con rangos grandes de distribución.

Las **Medidas** de Mitigación propuestas por el proyecto de planta fotovoltaica asegura que todos los impactos ambientales y sociales son **previsibles, manejables y reversibles**, cumpliendo con la normativa ambiental vigente.

- **Suelo y cobertura vegetal:** se preserva la calidad del suelo.
- **Flora y fauna:** se protege la vegetación secundaria y fauna generalista mediante rescate, reubicación y revegetación.
- **Agua:** se previene contaminación con acciones específicas y el , sedimentadores y monitoreo periódico.
- **Aire y ruido:** se minimizan emisiones y molestias mediante riego, control de velocidad y programación de actividades.

- **Residuos:** manejo integral de residuos sólidos y peligrosos garantiza protección ambiental.
- **Aspectos sociales:** empleo local, comunicación con la comunidad y coordinación con productores aseguran beneficios socioeconómicos y aceptación del proyecto.
- **Monitoreo:** seguimiento continuo asegura la efectividad de las medidas y permite ajustes oportunos.

Por lo tanto, la instalación del proyecto **no implicará pérdida de recursos naturales originales**, ni fragmentación de ecosistemas de alto valor ambiental.



MANIFESTACIÓN AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL DEL PROYECTO PARQUE FOTOVOLTAICO TIKINMUL

Capítulo VII: Pronósticos ambientales y en su caso, evaluación de alternativas

AIS SONORA
ANÁLISIS, INFORMACIÓN Y SERVICIOS

Índice de Contenido

7. CAPÍTULO VII: PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 2

7.1. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO 3

7.2. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO 6

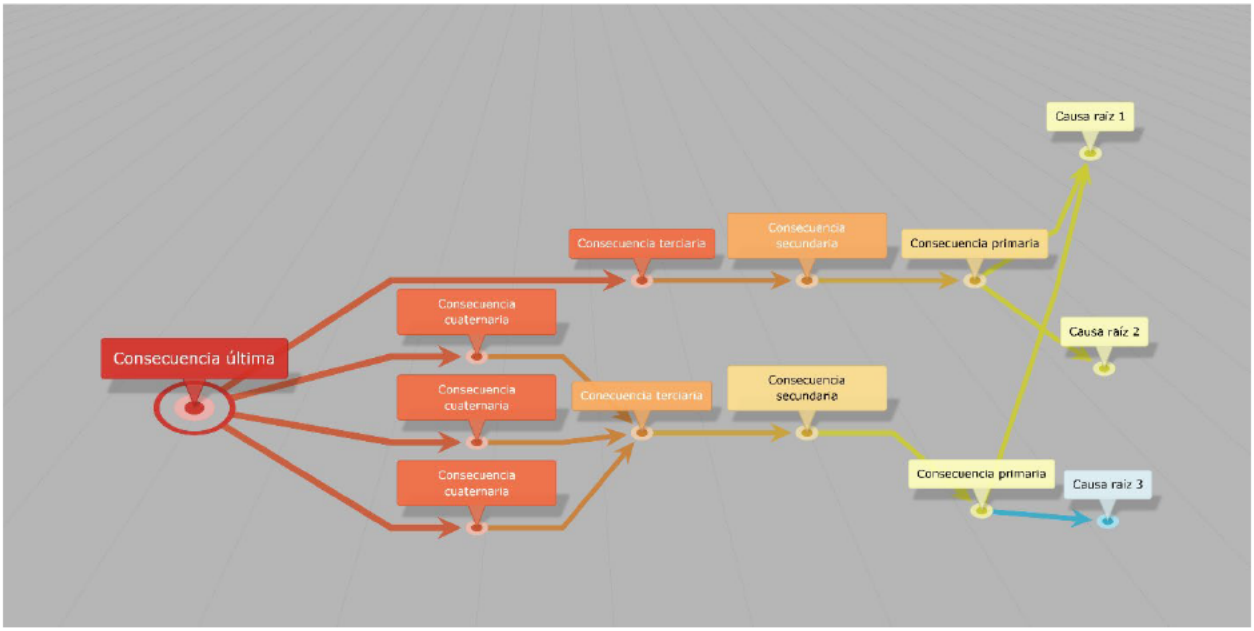
7.3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y/O CORRECCIÓN. 9

7.4. LITERATURA CITADA 10

7. Capítulo VII: Pronósticos ambientales y en su caso, evaluación de alternativas

Utilizamos como instrumento primario el análisis de causas raíz o de cadena causal. El Análisis de Causa Raíz (ACR) o método de Cadena Causal (MCC) constituye una metodología de investigación sistemática orientada a identificar las causas subyacentes de un problema, sobrepasando los síntomas superficiales para revelar las relaciones causales profundas que lo generan (Lanna et al., 2004). Se fundamenta en el principio de que los eventos no ocurren de forma aislada, sino como resultado de una secuencia encadenada de condiciones y acciones interdependientes. La aplicación de la técnica inicia con una definición precisa del efecto no deseado. Posteriormente, se reconstruye la secuencia causal distinguiendo entre causas inmediatas, causas contribuyentes y causas raíz. Esta diferenciación es muy importante ya que, mientras las causas inmediatas representan el detonante visible del problema, las causas raíz se ubican en fallos de sistemas de gestión, políticas o diseño organizacional. Cada eslabón de la cadena debe cumplir el criterio de ser condición necesaria para el eslabón siguiente, siguiendo la lógica de los procesos (Baumgartner, 2008; Belausteguigoitia, 2004).

El siguiente diagrama ejemplifica su aplicación, donde del lado izquierdo se coloca el estado indeseable y se construyen hacia la derecha las causas del mismo.



Los elementos que terminan al extremo derecho son considerados las causas raíz del estado.

En nuestro procedimiento de escenarios haremos una variante donde incluiremos la presencia del proyecto como causa raíz, y construiremos las consecuencias en sentido inverso cuando estas tengan relación con el estado indeseado.

7.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto

En el marco del diagnóstico integral desarrollado a partir de trabajo de campo y gabinete, se identifica al Sistema Ambiental Regional (con una extensión superior a las 41,700 hectáreas) como un territorio de baja densidad poblacional y sin presencia de industrias contaminantes relevantes (salvo la actividad avícola). En este espacio, el principal impulsor de la transformación del paisaje ha sido el cambio en el uso del suelo.

A continuación, se presenta un diagrama que sintetiza nuestra interpretación de las causas subyacentes del deterioro del ecosistema, documentado durante la fase de diagnóstico:

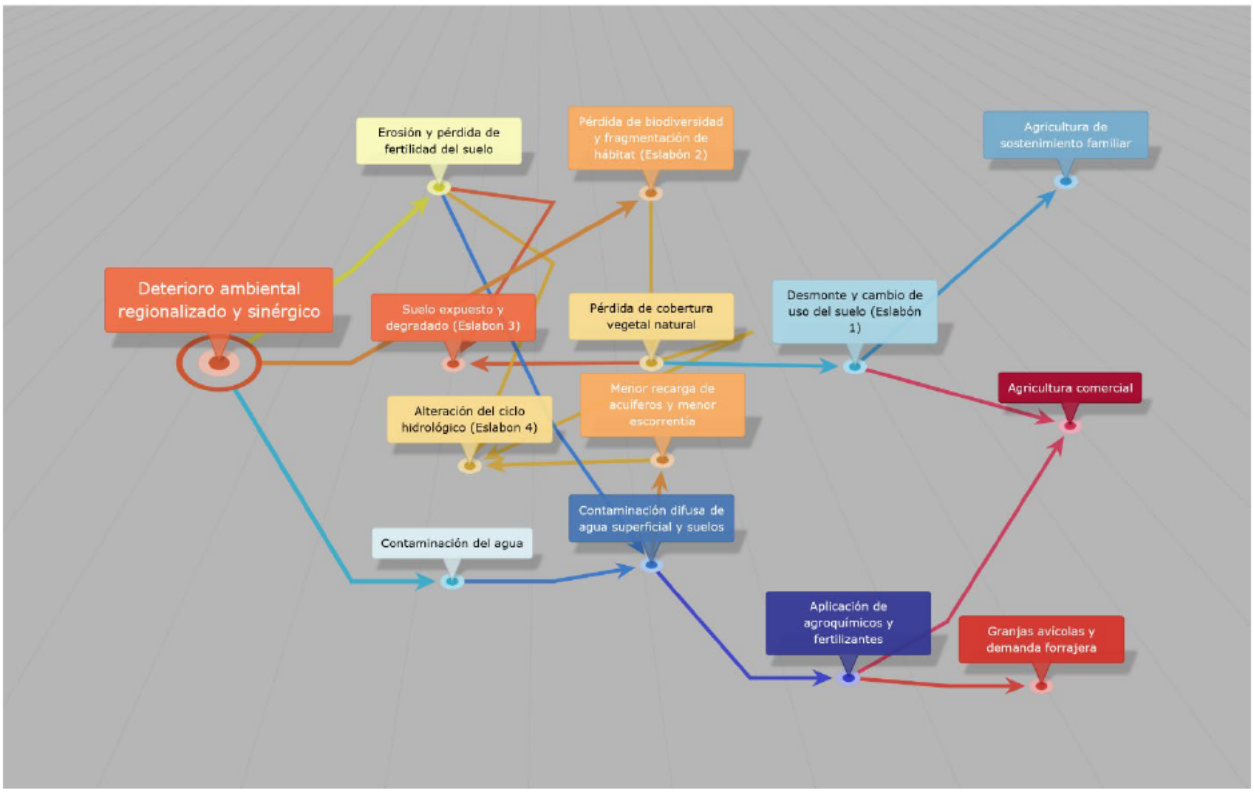


Figura 1. Análisis de cadena causal para el escenario 0.

Causa Raíz (Eslabón 0): Necesidades Socioeconómicas y Políticas Públicas

Factor 1: Agricultura de Sostenimiento Familiar: La necesidad de comunidades indígenas y otros pobladores locales de garantizar su seguridad alimentaria (cultivo de milpa: maíz, frijol, calabaza).

Factor 2: Agricultura Comercial y de Capital: La inserción en mercados regionales y nacionales, impulsada por políticas agropecuarias, demanda de forraje (tanto para avícolas, porcícolas como ganaderas) y la oportunidad económica que representan los cultivos mecanizados para mejorar los márgenes de ganancia. La inserción en la región de los grupos Menonitas juega también un factor relevante.

Factor 3: Expansión de la Avicultura: La instalación de granjas avícolas crea una demanda local y constante de granos (maíz, sorgo), haciendo rentable la conversión de más selva en terrenos de cultivo con más de 156 unidades de producción (naves) en la zona y estimados de cientos de miles de cabezas.

Esta es la cadena causal principal del deterioro del SAR.

Eslabón 1: Desmonte y Cambio de Uso de Suelo

Acción: Tala y "rozas" (quema o tala) de la selva mediana caducifolia.

Agentes:

Agricultura Familiar: Desmonta superficies menores, de forma más dispersa, utilizando frecuentemente métodos tradicionales que pueden ser más selectivos, pero que en conjunto fragmentan el paisaje.

Agricultura Comercial: Desmonta grandes extensiones de forma rápida y mecanizada, llevando a la eliminación completa del ecosistema original en grandes bloques.

Eslabón 2: Pérdida de Biodiversidad y Conectividad Ecológica

Causa: Eliminación directa del hábitat (Eslabón 1).

Efectos:

Fragmentación: El paisaje se convierte en un mosaico de parcelas agrícolas, granjas avícolas y fragmentos de selva aislados. Esto impide el flujo genético y el movimiento de especies, llevando al empobrecimiento biológico.

Extinción Local: Especies de flora y fauna endémicas o con requerimientos de hábitat específicos (como el jaguar o grandes árboles maderables) desaparecen de las zonas convertidas.

Eslabón 3: Degradación de las Propiedades del Suelo

Causa: Exposición del suelo a la erosión eólica e hídrica tras la pérdida de la cubierta forestal.

Diferenciación por Tipo de Agricultura:

Agricultura Familiar (Milpa): Suele practicar rotación de cultivos y periodos de barbecho ("acahual"), que permiten cierta recuperación del suelo. Sin embargo, el acortamiento de los períodos de barbecho por presión demográfica o económica acelera la degradación.

Agricultura Comercial: Frecuentemente implica monocultivo anual, uso intensivo de maquinaria (compactación) y alta dependencia de fertilizantes y pesticidas químicos, lo que lleva a la pérdida acelerada de materia orgánica, acidificación y erosión.

Eslabón 4: Alteración del Ciclo Hidrológico Regional

Causa: Reducción de la evapotranspiración (por menos árboles) y de la capacidad de infiltración del suelo (por compactación).

Efectos:

Reducción de la Recarga del Acuífero Kárstico: El agua de lluvia, en lugar de infiltrarse, escurre superficialmente. Esto es crítico en una región dependiente de cenotes y aguadas.

Inundaciones y Escorrentía Acelerada: En temporada de lluvias, el agua fluye con gran fuerza y velocidad sobre los suelos desnudos o compactados, causando inundaciones localizadas y arrastrando sedimentos.

Eslabón 5: Contaminación Difusa por Insumos Agropecuarios

Causa: Aplicación de fertilizantes sintéticos, plaguicidas y la gallinaza de las granjas avícolas.

Mecanismo:

Los cultivos comerciales y, en menor medida, los familiares, aplican agroquímicos.

Las granjas avícolas generan grandes volúmenes de gallinaza, que es aplicada como fertilizante orgánico en los campos cercanos.

La escorrentía acelerada (del Eslabón 4) lava estos excedentes de nutrientes (nitrógeno, fósforo) y pesticidas.

Impacto Final:

Contaminación del acuífero y agua en general: Infiltración de nitratos y otros químicos hacia los mantos freáticos, poniendo en riesgo la calidad del agua potable.

Eutrofización de cuerpos de agua: Los nutrientes en exceso llegan a los sitios de acumulación y aguadas, provocando proliferación de algas y muerte de la vida acuática por falta de oxígeno. En el caso particular de la región, esta agua termina trasminando hacia la porción sur de los Petenes.

7.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto

Escenario Causal Ampliado: Transición de suelo agrícola a parque solar en una región de 41,700 ha (sistema ambiental regional). Bajo este escenario ampliado, el nuevo proceso agrega una serie de eventos que, en un caso de ausencia de medidas de mitigación, podrían abonar al deterioro del sistema regional.

Nuestra interpretación del análisis causal generalizado se muestra en el siguiente diagrama:

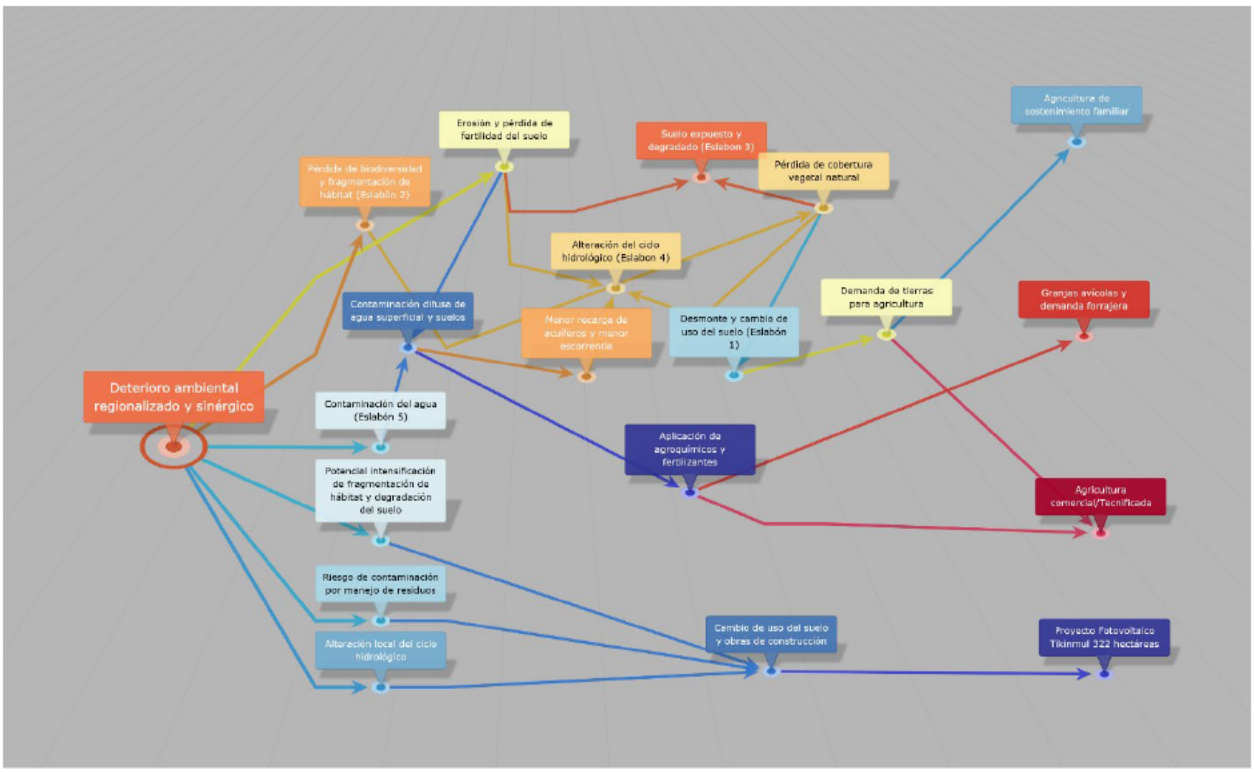


Figura 2. Análisis de cadena causal para el escenario 1.

Causa Raíz (Eslabón 0)

Necesidades socioeconómicas y políticas energéticas verdes que promueven la transición energética, coexistiendo con las presiones agrícolas preexistentes por lo que la cadena causal principal es modificada para incluir el nuevo factor en el proceso que puede afectar (positiva o negativamente) el impacto final.

Eslabón 1: Cambio de Uso de Suelo Dual (en el SAR)

Agricultura: Continúa el desmonte para agricultura de subsistencia y comercial (12,500 ha en uso).

Transición Energética: 322 ha de tierras agrícolas se destinan a parque solar.

Agentes: Empresas de energía renovable, gobierno federal, propietarios de tierras.

Eslabón 2: Impactos en la Biodiversidad (Escala Regional)

Positivo: Corredores ecológicos potenciales al reducir la fragmentación agrícola. En otros sitios se ha encontrado que la fauna explota la zona debajo de los paneles como zonas de refugio.

Negativo: Pérdida de hábitat temporal durante construcción y operación.

Mixto: Mayor heterogeneidad del paisaje, pero con efectos desconocidos en fauna

Eslabón 3: Modificación de la Dinámica del Suelo

Beneficio Crítico: Eliminación permanente de agroquímicos en 322 ha (≈2.5% del área agrícola).

Riesgo: Sellado parcial del suelo y compactación por infraestructura.

Oportunidad: Recuperación natural de materia orgánica bajo paneles solares.

Eslabón 4: Reconfiguración del Ciclo Hídrico

Mejora: Reducción en contaminación de corrientes superficiales por agroquímicos.

Desafío: Alteración de patrones de escorrentía natural.

Beneficio Regional: Disminución de nitratos en acuífero.

Eslabón 5: Efectos Socioeconómicos en Cadena

Empleo: Generación empleos (temporales durante la fase constructiva y permanentes durante la operación) vs. pérdida de empleos agrícolas.

Ingresos Municipales: Aumento en pagos por impuestos y servicios.

Seguridad Alimentaria: Posible aumento en precio de tierras restantes para agricultura.

Seguridad Energética: Aumento en la estabilidad de la red energética nacional por mayor oferta, especialmente en una zona con alta demanda.

Eslabón 6: Efectos de Desplazamiento (Impacto Indirecto)

Riesgo Principal: Intensificación agrícola en otras 322 ha de selva secundaria (no hay de otro tipo en el SAR) para mantener producción. Sin embargo, si el desplazamiento se lleva a cabo a zonas extra-SAR existe el riesgo de que sitios de vegetación natural sean afectados, aunque no sea una consecuencia directa del proyecto sino de las decisiones del sector agrícola.

Oportunidad: Liberación de presión agrícola si se combina con aumento de productividad en tierras restantes.

7.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o corrección.

En términos generales, los dos escenarios desde el punto de vista del sistema ambiental regional no son muy diferentes. La superficie a conversión de uso del suelo es una fracción menor y siendo realistas no representa una fuerza (por sí misma o en sinergia) para lograr diferencias perceptibles en el estado global de la zona. No pasa lo mismo con los impactos positivos que ocurren fuera del SAR, los que derivan de un incremento en la oferta energética y una reducción de consumo de combustibles fósiles para su producción los cuales impactan en beneficios distribuidos en una población significativamente mayor, incrementando la calidad de vida y mejor acceso a derechos humanos como un medio ambiente de buena calidad (menor contaminación de aire, suelo y agua) así como acceso ininterrumpido a servicios básicos.

En resumen, los impactos son:

- Reducción de emisiones
- Reducción de contaminantes en la cuenca
- Pérdida productiva y de empleos en el sector agrícola
- Ganancia productiva en el sector eléctrico y beneficios a los sectores usuarios (hogares y productivos) y de empleos mejor remunerados, tanto en la construcción como en la operación.

Recomendación de Política Pública:

El parque solar debe integrarse con un programa de intensificación sostenible de la superficie agrícola restante en el sistema ambiental, implementando agricultura de precisión y manejo integrado de gallinaza para compensar la pérdida productiva y evitar desplazamiento de deforestación. La escala del proyecto (0.77% del territorio) sugiere impactos positivos netos si se gestionan los efectos indirectos.

7.4. Literatura citada

Baumgartner, M. (2008). The causal chain problem. *Erkenntnis*, *69*(2), 201-226.

Belausteguigoitia, J. C. (2004). Causal chain analysis and root causes: the GIWA approach. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, *33*(1), 7-12.

Lanna, A., Marques, M., Abdallah, P., & POLETTE, M. (2004). Causal chain analysis. *Global International Waters Assessment*, 86-108.



MANIFESTACIÓN AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL DEL PROYECTO PARQUE FOTOVOLTAICO TIKINMUL

Capítulo VIII: Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información presentada

AIS SONORA
ANÁLISIS, INFORMACIÓN Y SERVICIOS

Índice de Contenido

8. CAPÍTULO VIII: IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL ---------- 2

8.1 Rapid Ecological Assessment (REA) - Evaluación Ecológica Rápida 2

8.2 Análisis de Impacto Ambiental 2

8.3 Desarrollo de Escenarios con Análisis de Causa Raíz 3

8.4 Sistemas de Información Geográfica (SIG) 3

8.5 Fotogrametría y vuelos con drones (VANT) 4

8.6 Análisis Exploratorio de Datos 6

8.7 Modelación Hidrológica Cuasi-Distribuida (para delimitar y discretizar cuenca) 7

8.8 Conclusión 8

8.9 Literatura Citada 9

8. Capítulo VIII: Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información presentada en la Manifestación de Impacto Ambiental

La Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) es un instrumento de la política ambiental que tiene como objetivo prevenir, mitigar y restaurar los daños al ambiente, así como la regulación de obras o actividades para evitar o reducir sus efectos negativos en el ambiente y en la salud humana. La solidez y validez científica de este documento descansa en una robusta estructura metodológica que integra una variedad de instrumentos y técnicas.

A continuación, se describen los fundamentos metodológicos clave que sustentan la información presentada en esta manifestación de impacto ambiental:

8.1 Rapid Ecological Assessment (REA) - Evaluación Ecológica Rápida

La REA es una metodología diseñada para obtener, en un corto período de tiempo, información confiable y suficiente sobre la composición, estructura y función de los ecosistemas en un área de estudio. Se utiliza cuando los tiempos de evaluación son limitados y los recursos logísticos son restringidos (Sayre et al., 1999).

Proporciona una línea base ecológica sólida y eficiente. Permite identificar y cartografiar los tipos de vegetación, hábitats críticos, especies clave y la presencia de especies endémicas o en riesgo. Esta técnica es fundamental para determinar la importancia ambiental del área y predecir con mayor precisión los impactos potenciales de la obra o actividad.

8.2 Análisis de Impacto Ambiental

Este es el núcleo metodológico de la MIA. No es una sola técnica, sino un proceso estructurado que evalúa las consecuencias ambientales (tanto negativas como positivas) de una propuesta de desarrollo antes de que se tome la decisión de proceder. Implica la identificación, predicción, evaluación y mitigación de los impactos biofísicos, sociales y otros impactos relevantes (Yañez-Vargas, 2008).

Siendo un sistema para jerarquizar y valorar los impactos a través de matrices, listas de verificación o diagramas de redes, este análisis permite correlacionar las acciones del proyecto (ej. movimiento de tierras, emisiones) con los componentes ambientales (ej. calidad del aire, fauna silvestre). Asigna magnitudes e importancias a cada impacto, lo que es crucial para focalizar los esfuerzos de mitigación en los aspectos más significativos (Conesa-Fernández-Vítora et al., 2010).

8.3 Desarrollo de Escenarios con Análisis de Causa Raíz

Esta técnica combina la proyección de estados futuros con la investigación de los orígenes profundos de los problemas. El desarrollo de escenarios plantea diferentes situaciones futuras (ej. escenario sin proyecto, escenario con proyecto, escenario con medidas de mitigación). El análisis de causa raíz es un método sistemático para identificar el origen fundamental de un impacto, más allá de los síntomas inmediatos (Belausteguigoitia, 2004). Ya que facilita la toma de decisiones proactiva y la mitigación efectiva, al modelar diferentes escenarios, se pueden visualizar y comparar las consecuencias ambientales de distintas alternativas. Al aplicar el análisis de causa raíz a los impactos identificados, se asegura que las medidas de mitigación estén dirigidas a resolver la verdadera fuente del problema, y no solo a paliar sus efectos, haciéndolas más eficaces y sostenibles (Lanna et al., 2004).

8.4 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los SIG son herramientas computacionales diseñadas para capturar, almacenar, analizar, gestionar y presentar datos georreferenciados. Tanto ArcGIS Pro (software comercial) como QGIS (software de código abierto) permiten la superposición y el análisis espacial de múltiples capas de información y se han vuelto elementos cruciales en todo análisis que contemple espacios geográficos. Constituyen la columna vertebral del análisis espacial en la MIA. Se utilizan para integrar toda la información territorial: límites del proyecto, polígonos de vegetación, redes hidrológicas, curvas de nivel, usos de suelo, localidades, áreas naturales protegidas, etc. Esto permite realizar análisis de superposición para identificar conflictos ambientales, delimitar áreas de influencia, definir rutas de acceso menos impactantes y generar cartografía temática de alta calidad que sustenta visualmente el documento. Por definición van mucho más allá de hacer despliegue, visualizaciones y administración de datos, sino que incluye forzosamente el componente de análisis y cruce de información (Bajjali, 2023; Pucha-Cofrep & Fries, 2023).

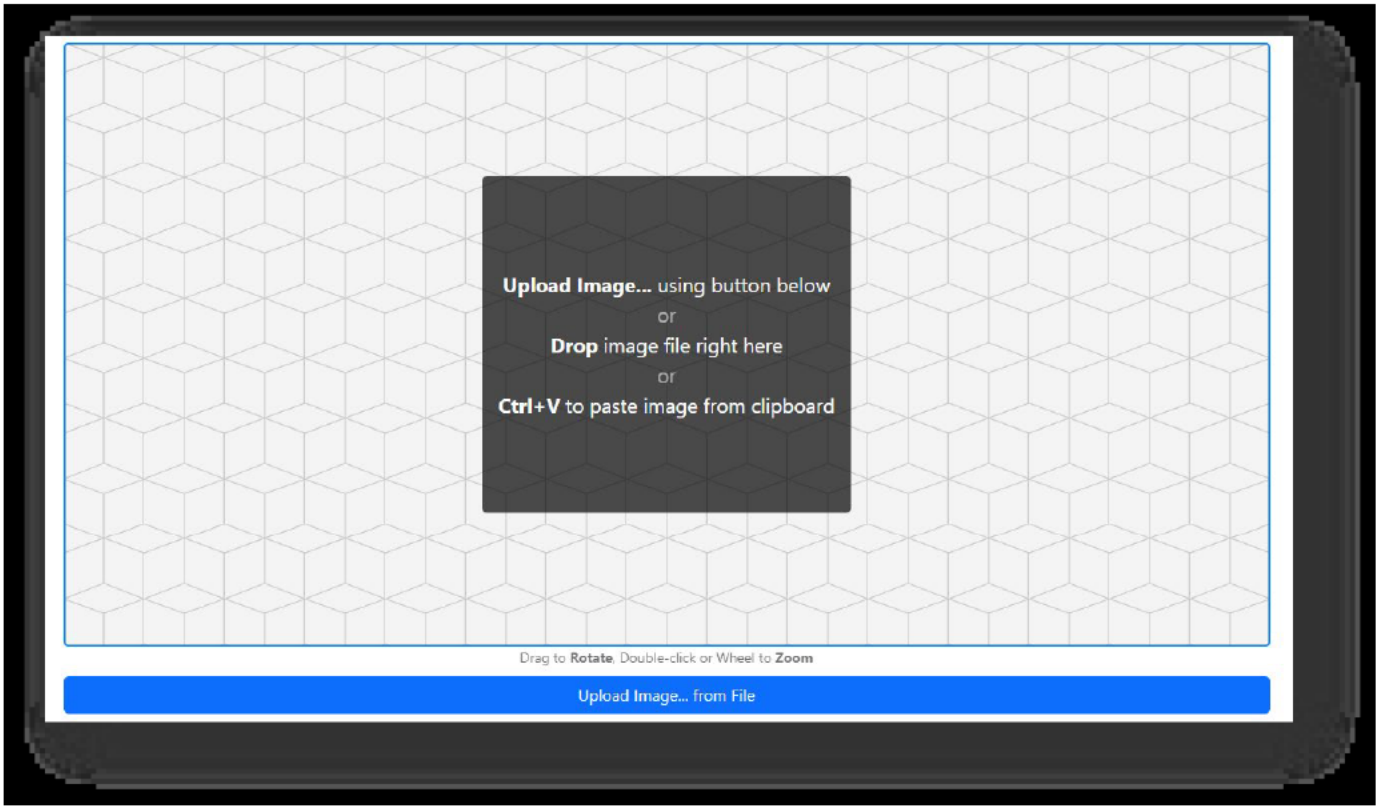
8.5 Fotogrametría y vuelos con drones (VANT)

La fotogrametría es la técnica que permite determinar las propiedades geométricas de los objetos y la situación espacial a partir de fotografías aéreas o terrestres. Con el advenimiento de los Vehículos Aéreos No Tripulados (drones), la fotogrametría se ha vuelto más accesible, permitiendo generar Modelos Digitales de Elevación (DEM por sus siglas en inglés) y ortomosaicos de muy alta resolución (Schenk, 2005).

Proporciona datos topográficos y de cobertura del terreno precisos y actualizados. Es fundamental para caracterizar el terreno, calcular volúmenes de excavación o relleno, modelar escurrimientos superficiales, y monitorear cambios en el uso del suelo. Los productos fotogramétricos (ortomosaicos y MDE) son la base para muchos de los análisis realizados en los SIG y la modelación hidrológica (Ferrari et al., 2021). En los anexos se encontrará el Anexo fotogramétrico que contiene el extenso de las características de dicho análisis realizado con Agisoft Metashape en este trabajo de acuerdo con Caiza Maila (2022).

Entre los anexos se encuentra un directorio de fotografías 360° (Fotografias 360 areas). En ese directorio hay dos fotografías y las instrucciones siguientes que permiten la exploración como si se encontraran volando en el sitio en ese momento:

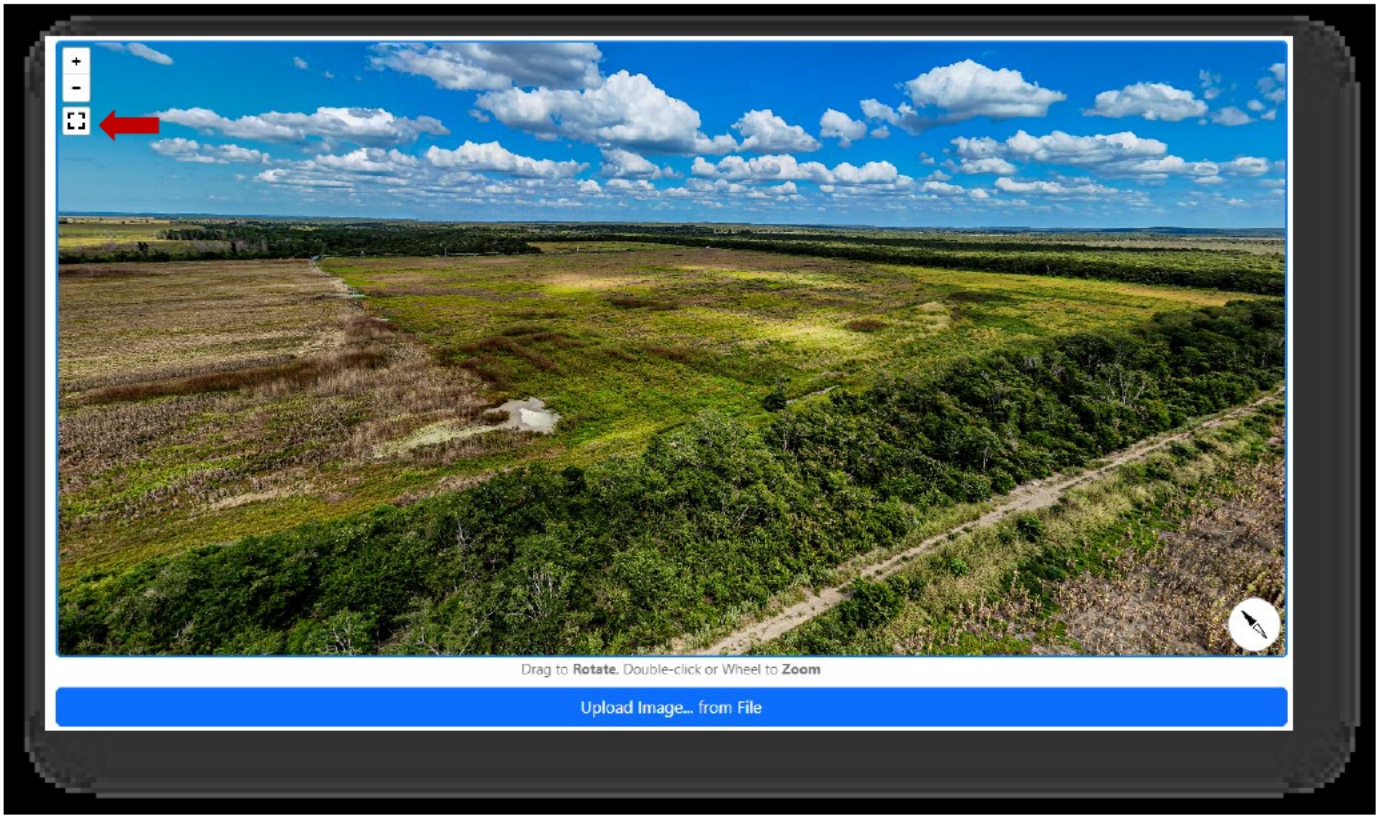
El primer paso es acceder al sitio que permite visualizar (en línea) las fotografías de este tipo: https://renderstuff.com/tools/360-panorama-web-viewer/



En la parte de cargar archivo local, seleccionar (una imagen a la vez) los archivos 360 anexos:

- DJI_20251102120544_0236_D.JPG
- DJI_20251102121641_0249_D.JPG

Explorar la porción sur del predio en 360 grados



El cuadro en la porción superior izquierda permite explorara a pantalla completa.

8.6 Análisis Exploratorio de Datos

Tableau Desktop es la herramienta utilizada para la visualización de datos que facilita el Análisis Exploratorio de Datos (AED) así como funciones básicas de DataPrep. El AED es un enfoque que emplea principalmente técnicas gráficas (gráficos, mapas, dashboards) para visualizar, resumir y comprender las características principales de un conjunto de datos, sin aplicar modelos estadísticos formales predefinidos.

Permite una comprensión intuitiva y rápida de datos complejos. En la MIA, se utilizó para explorar y evaluar tendencias en datos de datos socioeconómicos y resumir registros de ocurrencia. Al crear visualizaciones interactivas, se pueden identificar patrones, valores atípicos y relaciones entre variables, lo que enriquece el análisis y facilita la comunicación de hallazgos a un público no necesariamente técnico. La facilidad en la manipulación de datos, la rápida creación de resúmenes y las capacidad de interoperabilidad con unos instrumentos tecnológicos tradicionales lo concierte en un instrumento clave en la manipulación de información, especialmente con bases de datos grandes como es el caso de la información del CONABIO (2025) y del Censo del INEGI (2020)

8.7 Modelación Hidrológica Cuasi-Distribuida (para delimitar y discretizar cuenca)

La modelación hidrológica cuasi-distribuida es un enfoque intermedio entre los modelos agregados (que tratan la cuenca como una única unidad) y los totalmente distribuidos (que dividen la cuenca en una malla de celdas). En este caso, se subdivide la cuenca hidrográfica en subcuencas o unidades hidrológicas respetando sus características físicas (tipo de suelo, cobertura vegetal, pendiente) (Miller et al., 2002).

Es la base para el análisis hidrológico y la evaluación de impactos sobre el agua. Su principal aporte en la etapa de línea base es la delimitación precisa de la cuenca hidrográfica y su discretización en subunidades más manejables. Esto es esencial para entender la dinámica del agua en el área de influencia del proyecto. Esta aproximación nos permitió hacer una mejor definición de la hidrología superficial, en la cual nos basamos para la definición del sistema ambiental regional.

8.8 Conclusión

La integración sinérgica de estos instrumentos metodológicos y elementos técnicos proporciona el sustento científico y técnico indispensable para una Manifestación de Impacto Ambiental rigurosa y confiable. Desde la caracterización ecológica rápida (REA) hasta el modelado hidrológico, cada técnica contribuye a construir una visión integral del ambiente y a predecir con mayor certeza las interacciones entre el proyecto y su entorno, cumpliendo así con el principio de prevención que rige la evaluación de impacto ambiental.

8.9 Literatura Citada

Bajjali, W. (2023). Introduction to ArcGIS Pro. In *ArcGIS Pro and ArcGIS Online: Applications in Water and Environmental Sciences* (pp. 1-14). Springer.

Belausteguigoitia, J. C. (2004). Causal chain analysis and root causes: the GIWA approach. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, *33*(1), 7-12.

Caiza Maila, B. P. (2022). *Aerofotogrametría con UAV, procesamiento con AGISOFT* Quito: EPN, 2022].

CONABIO. (2025). *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México* CONABIO. https://www.snib.mx/

Conesa-Fernández-Vítora, V., Conesa-Ripoll, V., & Conesa-Ripoll, L. A. (2010). ***Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*** (4a ed.). Ediciones Mundi-Prensa.

Ferrari, R., Lachs, L., Pygas, D. R., Humanes, A., Sommer, B., Figueira, W. F., Edwards, A. J., Bythell, J. C., & Guest, J. R. (2021). Photogrammetry as a tool to improve ecosystem restoration. *Trends in Ecology & Evolution*, *36*(12), 1093-1101.

INEGI. (2020). *Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 (nacional)* (Censo de Población y Vivienda, Issue. INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198060.pdf

Lanna, A., Marques, M., Abdallah, P., & POLETTE, M. (2004). Causal chain analysis. *Global International Waters Assessment*, 86-108.

Miller, S., Semmens, D., Miller, R. C., Hernandez, M., Goodrich, D., Miller, W. P., Kepner, W., & Ebert, D. (2002). GIS-based hydrologic modeling: the automated geospatial watershed assessment tool.

Pucha-Cofrep, F., & Fries, A. (2023). *Manual de ArcGIS Pro*. Franz Pucha-Cofrep.

Sayre, R., Roca, E., Sedaghatkish, G., Young, B., Keel, S., Roca, R., & Sheppard, S. (1999). *Nature in focus: rapid ecological assessment*. Island Press.

Schenk, T. (2005). Introduction to photogrammetry. *The Ohio State University, Columbus*, *106*(1), 1.

Yañez-Vargas, A. (2008). Impacto ambiental y metodologías de análisis. *Biocyt: Biología, Ciencia y Tecnología*, *1*(1), 7-15.



MANIFESTACIÓN AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL DEL PROYECTO PARQUE FOTOVOLTAICO TIKINMUL

Capítulo IX: Conclusión General

AIS SONORA
ANÁLISIS, INFORMACIÓN Y SERVICIOS

Capítulo IX: Conclusión General

El proyecto que motiva este Documento Técnico es la **Central Fotovoltaica Tikinmul**, en el Estado de Campeche, el cual tendrá una capacidad suficiente para entregar **200 MW** de energía instantánea en corriente alterna (CA), con una generación anual estimada de por lo menos 573.22 GWh, representa un proyecto considerado de seguridad energética regional para los próximos años, generando certeza en el desarrollo económico social de la región.

El presente análisis integral de los componentes ambientales, sociales y territoriales para la Planta Fotovoltaica en el estado de Campeche permite concluir que el proyecto es **ambientalmente viable, socialmente pertinente y compatible con la normativa vigente**. La evaluación se llevó a cabo conforme a los lineamientos establecidos en la **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)**, el **Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPA-MEIA)**, así como guías y criterios técnicos emitidos por la **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)** para proyectos de energía renovable.

El análisis consideró el Levantamientos de campo, Diagnóstico socioambiental, Inventario de flora y fauna, caracterización de uso de suelo, Identificación de impactos ambientales y su mitigación y la Evaluación de beneficios sociales y económicos. La evidencia obtenida confirma que **el proyecto se desarrolla en un agroecosistema completamente transformado**, sin presencia de vegetación primaria ni hábitats críticos para la biodiversidad, cumpliendo así con los criterios de compatibilidad ambiental definidos por la **LGEEPA, artículos 28 y 30**, y por el **RLGEEPA-MEIA, artículos 3, 8 y 10**.

En concordancia con el **Artículo 28 de la LGEEPA**, la transformación histórica del suelo indica que el área no alberga ecosistemas de alto valor de conservación, ni corredores biológicos críticos según la **Guía para la Elaboración de MIAs de Proyectos de Energías Renovables (SEMARNAT, 2019)**.

La ausencia de vegetación primaria implica que la instalación de la planta **no representa deforestación ni pérdida de hábitats críticos**, reduciendo significativamente los riesgos ambientales asociados con la construcción e instalación de infraestructura energética.

Los impactos identificados se clasifican como **temporales y de baja magnitud**, principalmente asociados a Movilización de maquinaria, Compactación superficial del suelo, Generación de residuos de construcción, Alteración visual temporal durante la

etapa de obra, principalmente, todos ellos, pueden **ser mitigados efectivamente**, cumpliendo con los lineamientos de **la NOM-081-SEMARNAT-1994** (ruido), **NOM-052-SEMARNAT-2005** (residuos peligrosos), y la **NOM-001-SEMARNAT-1996** (descargas al suelo), etc.

El proyecto representa un aporte significativo a la población local en términos de generación de empleos en todas sus etapas, garantizando con las siguientes acciones un desarrollo económico local regional, al generar empleos directos durante la construcción (contratación de mano de obra local), empleos permanentes en operación y mantenimiento, incremento en la demanda de servicios locales: transporte, hospedaje y alimentación e impulso a la economía rural mediante contratos de arrendamiento, suministro y servicios auxiliares. Estos beneficios cumplen con los lineamientos del **Artículo 18 de la LGEEPA**, que establece la obligación de promover la participación comunitaria y la generación de beneficios socioeconómicos en proyectos de inversión privada.

El proyecto contemplara permanentemente la apertura de canales de comunicación permanente con ejidos y comunidades vecinas, coordinación con productores agrícolas, respeto a accesos y caminos tradicionales, fomento de actividades comunitarias y ambientales. Esto asegura que el proyecto sea **socialmente aceptable** y compatible con la dinámica local, de acuerdo con las guías de **SEMARNAT (2019, Cap. 5: Consulta Comunitaria y Comunicación Social)**.

El proyecto contribuye directamente a la **Política de transición energética**, conforme a la **Ley de Transición Energética (LTE, 2015)**, a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (NDC-México, 2021), y a la seguridad energética regional mediante generación limpia, confiable y sustentable. La energía solar es un recurso renovable de **alto valor social**, que reduce la presión sobre fuentes fósiles y fortalece la infraestructura energética nacional, cumpliendo con los objetivos de desarrollo sostenible y mitigación de cambio climático.

Concluyentemente se considera que el proyecto es ambientalmente compatible, socialmente pertinente y técnicamente sustentable, recomendándose su autorización con la implementación estricta de los programas de mitigación y monitoreo, en virtud de que su evaluación describe para el sitio propuesto una ausencia de vegetación nativa y ecosistemas sensibles, agroecosistema ya transformado, impactos ambientales mitigables, cumplimiento de la normativa ambiental vigente, beneficios sociales y económicos, y una relevancia estratégica de la energía renovable.

Literatura Citada:

- **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)**. Diario Oficial de la Federación (2022).
- **Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPA-MEIA)**. Diario Oficial de la Federación (2022).
- **Ley de Transición Energética (LTE)**. Diario Oficial de la Federación (2015).
- **NOM-059-SEMARNAT-2010**. Protección de especies en riesgo.
- **NOM-052-SEMARNAT-2005**. Manejo de residuos peligrosos.
- **NOM-001-SEMARNAT-1996**. Descargas de aguas residuales.
- **NOM-081-SEMARNAT-1994**. Límites de emisión de ruido ambiental.
- **Guía para la Elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental de Proyectos de Energías Renovables (SEMARNAT, 2019)**.
- **Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC-México, 2021)**. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.